

**ANALISIS KELISTRIKAN SARI BUAH NENAS  
(*ANANAS COMOSUS*) SEBAGAI ENERGI  
ALTERNATIF BIOBATERAI**

**SKRIPSI**

**NADILLA PUTRI  
NIM : 0705163032**



**PROGRAM STUDI FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2021**

**ANALISIS KELISTRIKAN SARI BUAH NENAS  
(*ANANAS COMOSUS*) SEBAGAI ENERGI  
ALTERNATIF BIOBATERAI**

**SKRIPSI**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Mencapai Gelar Sarjana Sains*

**NADILLA PUTRI  
NIM : 0705163032**



**PROGRAM STUDI FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2021**



**KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERISUMATERA UTARA MEDAN  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

Jl. IAIN No. 1 Medan 20235

Telp. (061) 6615683-6622925, Fax. (061) 6615683

Url: <http://saintek.uinsu.ac.id>, E-mail: [saintek@uinsu.ac.id](mailto:saintek@uinsu.ac.id)

**PENGESAHAN SKRIPSI**

Nomor: B.031/ST/ST.V.2/PP.01.1/02/2021

Judul : Analisis Kelistrikan Sari Buah Nenas (*Ananas comosus*)  
Sebagai Energi Alternatif Biobaterai  
Nama : Nadilla Putri  
Nomor Induk Mahasiswa : 0705163032  
Program Studi : Fisika  
Fakultas : Sains dan Teknologi

Telah dipertahankan di hadapan Dewan Penguji Skripsi Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sumatera Utara Medan dan dinyatakan **LULUS**.

Pada hari/tanggal : Senin, 08 Februari 2021  
Tempat : Online

Tim Ujian Munaqasyah,  
Ketua,

Muhammad Nuh, S.Pd., M.Pd.  
NIP. 19750324 200710 1 001

Dewan Penguji,

Penguji I,

Dr. Abdul Halim Daulay, S.T., M.Si.  
NIP. 19811106 200501 1 003

Penguji II,

Masthura, M.Si.  
NIB. 1100000069

Penguji III,

Nazaruddin Nasution, M.Pd.  
NIB. 1100000070

Penguji IV,

Ety Jumiati, S.Pd., M.Si.  
NIB.1100000072

Mengesahkan,  
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Sumatera Utara Medan,  
  
Mhd. Syahnan, M.A.  
196609051991031002



## **PERSETUJUAN SKRIPSI**

Hal : Surat Persetujuan Skripsi

Lamp : -

Kepada Yth.,  
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan

*Assalamu'alaikum Wr. Wb.*

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk, dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi saudara,

Nama	: Nadilla Putri
Nomor Induk Mahasiswa	: 0705163032
Program Studi	: Fisika
Judul	: Analisis Kelistrikan Sari Buah Nenas ( <i>Ananas comosus</i> ) Sebagai Energi Alternatif Biobaterai.

dapat disetujui untuk segera *dimunaqasyahkan*. Atas perhatiannya kami ucapkan terimakasih.

Medan, 17 November 2020 M  
03 Rabiul Akhir 1442 H

Komisi Pembimbing,

Pembimbing Skripsi I,



Dr. Abdul Halim Daulay, S.T., M.Si.  
NIP. 19811106 200501 1 003

Pembimbing Skripsi II,



Masthura, M.Si.  
NIB. 1100000069

## **SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Nadilla Putri  
Nomor Induk Mahasiswa : 0705163032  
Program Studi : Fisika  
Judul : Analisis Kelistrikan Sari Buah Nenas  
(*Ananas comosus*) Sebagai Energi Alternatif  
Biobaterai.

menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, kecuali beberapa kutipan dan ringkasan yang masing-masing disebutkan sumbernya. Apabila dikemudian hari ditemukan plagiat dalam skripsi ini maka saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi lainnya sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Medan, 17 November 2020



Nadilla Putri

NIM. 0705163032

## **ABSTRAK**

### **ANALISIS KELISTRIKAN SARI BUAH NENAS (*ANANAS COMOSUS*) SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF BIOBATERAI**

**Oleh**

**NADILLA PUTRI**

Telah dilakukan penelitian untuk menganalisis kelistrikan sari buah nenas sebagai energi alternatif biobaterai. Tujuan dari penelitian ini (i) untuk mengetahui pengaruh lama waktu fermentasi larutan sari nenas terhadap tegangan, arus, dan daya listrik, (ii) untuk mengetahui pengaruh penambahan volume larutan terhadap arus, tegangan, dan daya listrik (iii) serta kemampuan biobaterai dalam menyalakan lampu LED merah selama 2 jam dan menghitung massa reduksi Cu. Elektroda yang digunakan yaitu tembaga (Cu) sebagai katoda dan seng (Zn) sebagai anoda. Larutan elektrolit sari buah nenas diberi dua perlakuan yaitu dalam keadaan segar dan fermentasi selama 3, 5, 7, 9, dan 11 hari. Tingkat keasaman larutan diukur dengan pH meter. Variasi volume larutan yang digunakan yaitu 50, 100, 150, 200, dan 250 ml. Penelitian dilakukan pada suhu dan kelembaban yang sama. Semakin lama waktu fermentasi larutan sari nenas maka semakin besar nilai tegangan listriknya. Tegangan listrik maksimum pada fermentasi 11 hari dengan volume 200 ml, yaitu berturut-turut sebesar 4,84 V; 14,58 mA; 70,57 mW. Biobaterai larutan sari nenas segar terdapat pengaruh terhadap penambahan volume. Nilai tegangan maksimum pada volume 250 ml yaitu 4,52 V; 1,211 mA; 5,474 mW. Pada biobaterai larutan sari nenas fermentasi, tidak terlalu berpengaruh terhadap penambahan volume karena adanya endapan ragi yang mengakibatkan persebaran elektron tidak merata. Dengan penyalakan lampu LED merah selama 2 jam, elektroda Cu mengalami penebalan lempeng karena bertambahnya massa sebagai akibat hasil oksidasi Zn.

**Kata-Kata Kunci:** Arus, biobaterai, sari nenas, dan tegangan.

## **ABSTRACT**

### ***ELECTRICAL ANALYSIS OF PINEAPPLE JUICE (ANANAS COMOSUS) AS AN ALTERNATIVE ENERGY FOR BIOBATTERY***

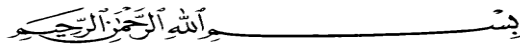
***By***

***NADILLA PUTRI***

*Research has been conducted to analyze the electricity of pineapple juice as an alternative energy for bio-batteries. The purpose of this research was (i) to determine the effect of fermentation time for pineapple juice solution on voltage, current and electrical power, (ii) to determine the effect of the adding volume to current, voltage, and electric power (iii) the ability of the biobattery to turn on the red LED light for 2 hours and calculate the reduction mass of Cu. The electrodes used are copper (Cu) as the cathode and zinc (Zn) as the anode. The electrolyte solution of pineapple juice was given two treatments, namely fresh and fermented for 3,5,7,9, and 11 days. The acidity of the solution is measured by a pH meter. Variations in the volume of the solution used were 50, 100, 150, 200, and 250 ml. The research was carried out at the same temperature and humidity. The longer the fermentation time of the pineapple juice solution, the greater the value of the electric voltage. At 11 days fermentation produced the best voltage at a volume of 200 ml which was 4.84 V; 14,58 mA; 70,57 mW. On the biobattery solution of fresh pineapple juice there is an effect on the addition volume. The maximum voltage is at a volume of 250 ml, 4,52 V; 1,211 mA; 5,474 mW. In the biobattery fermented pineapple juice solution did not significantly affect the volume addition due to the presence of yeast deposits which resulted in uneven distribution of electrons. Then, by turning on the red LED light for 2 hours, the Cu electrode was thickened due to the increase in mass as a result of Zn oxidation.*

***Keywords: Biobattery, current, pineapple juice, and voltage.***

## KATA PENGANTAR



*Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Puji syukur atas karunia Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penyusunan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi syarat mencapai gelar Sarjana Sains di Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak lepas dari adanya kerja sama dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Syahrin Harahap, M.A., selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.
2. Dr. Mhd. Syahnan, M.A., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.
3. Muhammad Nuh, S.Pd., M.Pd., selaku Ketua Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan
4. Dr. Abdul Halim Daulay, ST., M.Si., selaku Dosen Pembimbing I yang telah meluangkan waktu dengan penuh kesabaran untuk membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Miftahul Husnah, S.Pd., M.Si., selaku Sekretaris Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan yang telah membimbing serta memberikan semangat dan motivasi kepada penulis.
6. Ratni Sirait, M.Pd., selaku Penasihat Akademik yang telah membimbing serta memberikan semangat dan motivasi kepada penulis.
7. Masthura, M.Si., selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu dengan penuh kesabaran untuk membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.



8. Seluruh Dosen Prodi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan. Terima kasih banyak telah membantu dan meluangkan waktunya untuk membimbing dan berbagi ilmunya kepada penulis.
9. Kepada kedua orang tua Alm. Ayahanda Irawadi, Ibunda tercinta Nurhasanah, seluruh keluarga, dan orang tercinta yang selalu mendoakan, memberi semangat dan mendukung setiap langkah yang penulis tempuh dalam pendidikan.
10. Teman-teman dan sahabat-sahabat saya kelas Fisika 1 angkatan 2016 (Syahro Aina Ahmad, Syadinal Adi, Pranita Harahap, Mey Hajarini, Lilatussya'diah Rambe, Ariski, Leli Mariati Situmorang, Lailatul husna, Endang Sagita Ritonga, Asnitha Aritonang, Jefri Ardiansyah, Doli Ramadhan, Fadli Efendi Sagala, Fitriani Sagala, Heni Puspita Sari, Dinda Friskila Lubis, Haryuwanda Desgira, Eka Widya, Isma Hidayati, Rahmasari Pohan, Ahmad Rifai, Dhina Indriani Damanik, Yuli Faradita, Nurainun Pasaribu, Nurmaysah Harahap, Widia Arti Syahfitri, Purnama Indah Lase, Riri Anggriani Nasution, Nur'aini Fadillah, Putri Rabiatul, Wira Aditya, Dewi Apriliyanti, Nita Zahara, Yolanda Daulay). Semoga sukses di masa mendatang dan berguna bagi bangsa, negara, dan agama.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari pembaca demi kesempurnaan penyusunan skripsi ini.

Medan, 18 November 2020



Nadilla Putri

# DAFTAR ISI

	Halaman
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>x</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Tanaman Nenas .....	5
2.2 Elektrokimia .....	7
2.3 Elektroda.....	9
2.4 Potensial Elektroda .....	11
2.5 Baterai.....	13
2.6 Larutan Elektrolit dan Non Elektrolit .....	13
2.7 Derajat Keasaman (pH) .....	14
2.8 Fermentasi.....	16
2.9 Besaran Listrik.....	16
2.10 Penelitian yang Relevan .....	18
2.10.1 Penelitian Sebelumnya .....	18
2.10.2 Perbedaan dari Penelitian Sebelumnya.....	20
2.11 Hipotesis Penelitian .....	21
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>22</b>
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian .....	22
3.1.1 Lokasi Penelitian .....	22

3.1.2 Waktu Penelitian .....	22
3.2 Alat dan Bahan .....	22
3.2.1 Alat Penelitian .....	22
3.2.2 Bahan Penelitian .....	23
3.3 Variabel Penelitian.....	23
3.4 Diagram Alir Penelitian.....	24
3.4.1 Pembuatan dan Pengujian Larutan Sari Nenas Segar.....	24
3.4.2 Pembuatan dan Pengujian Larutan Sari Nenas Fermentasi ....	25
3.5 Prosedur Penelitian .....	26
3.5.1 Tahap Persiapan.....	26
3.5.2 Tahap Pengambilan Data.....	27
3.5.3 Tahap Analisis Data.....	27
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>29</b>
4.1 Hasil Penelitian.....	29
4.1.1 Larutan Sari Nenas Segar .....	29
4.1.2 Larutan Sari Nenas Fermentasi.....	31
4.2 Pembahasan Penelitian .....	34
4.2.1 Pengaruh Volume Terhadap Arus, Tegangan, dan Daya listrik	34
4.2.2 Penurunan Tegangan pada Biobaterai Selama 2 Jam.....	39
4.2.3 Perubahan Massa Elektroda Cu pada Biobaterai.....	41
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>42</b>
5.1 Kesimpulan.....	42
5.2 Saran .....	42
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>43</b>
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN .....</b>	<b>45</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel	Judul Tabel	Halaman
2.1	Sifat Fisik, Mekanik, dan Panas dari Tembaga Murni .....	10
2.2	Sifat Fisik, Mekanik, dan Panas dari Seng .....	11
2.3	Nilai Potensial Reduksi Deret Volta .....	12
2.4	Pengelompokan Larutan Berdasarkan Jenisnya .....	14
4.1	Hasil Pengamatan Besaran Listrik pada Biobaterai Larutan Sari Nenas Segar.....	29
4.2	Penurunan Tegangan pada Biobaterai Larutan Sari Nenas Segar Dengan LED Merah Selama 2 Jam .....	30
4.3	Perubahan Massa Elektroda Cu (Tembaga) pada Biobaterai Larutan Sari Nenas Segar.....	30
4.4	Hasil Pengamatan Besaran Listrik pada Biobaterai Larutan Sari Nenas Fermentasi .....	31
4.5	Penurunan Tegangan pada Biobaterai Larutan Sari Nenas Fermentasi dengan LED Merah Selama 2 Jam .....	32
4.6	Perubahan Massa Elektroda Cu (Tembaga) pada Biobaterai Larutan Sari Nenas Fermentasi .....	33

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul Gambar	Halaman
2.1	Buah Nenas .....	7
2.2	Prinsip Kerja Sel Volta .....	8
2.3	Struktur Kristal Tembaga.....	10
2.4	Struktur Kristal Seng.....	11
2.5	Skala pH.....	15
3.1	Diagram Alir Pembuatan dan Pengujian Biobaterai Larutan Sari Nenas Segar .....	24
3.2	Diagram Alir Pembuatan dan Pengujian Biobaterai Larutan Sari Nenas Fermentasi.....	25
3.3	Desain Tunggal Prototipe Biobaterai.....	26
4.1	Grafik Pengaruh Variasi Penambahan Volume Terhadap Tegangan Listrik Biobaterai Larutan Sari Nenas Segar .....	34
4.2	Grafik Pengaruh Variasi Penambahan Volume Terhadap Arus Listrik Biobaterai Larutan Sari Nenas Segar .....	35
4.3	Grafik Pengaruh Variasi Penambahan Volume Larutan Terhadap Daya Listrik Biobaterai Larutan Sari Nenas Segar .....	36
4.4	Grafik Pengaruh Variasi Penambahan Volume Terhadap Tegangan Listrik Biobaterai Larutan Sari Nenas Fermentasi.....	36
4.5	Grafik Pengaruh Variasi Penambahan Volume Terhadap Arus Listrik Biobaterai Larutan Sari Nenas Fermentasi .....	37
4.6	Grafik Pengaruh Variasi Penambahan Volume Larutan Terhadap Daya Listrik Biobaterai Larutan Sari Nenas Fermentasi.....	38
4.7	Penurunan Tegangan pada Biobaterai Larutan Sari Nenas Segar dengan LED Merah Selama 2 Jam .....	39
4.8	Penurunan Tegangan pada Biobaterai Larutan Sari Nenas Fermentasi 3 Hari dengan LED Merah Selama 2 Jam .....	39
4.9	Penurunan Tegangan pada Biobaterai Larutan Sari Nenas Fermentasi 5 Hari dengan LED Merah Selama 2 Jam .....	40
4.10	Penurunan Tegangan pada Biobaterai Larutan Sari Nenas Fermentasi	

	7 Hari dengan LED Merah Selama 2 Jam .....	40
4.11	Penurunan Tegangan pada Biobaterai Larutan Sari Nenas Fermentasi	
	9 Hari dengan LED Merah Selama 2 Jam .....	40
4.12	Penurunan Tegangan pada Biobaterai Larutan Sari Nenas Fermentasi	
	11 Hari dengan LED Merah Selama 2 Jam .....	41

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Judul Lampiran	Halaman
1.	Analisis dan Perhitungan .....	42
2.	Alat dan Bahan .....	48
3.	Pembuatan Larutan .....	50
4.	Hasil Pengukuran.....	51

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang Masalah**

Beberapa peralatan rumah tangga menggunakan listrik sebagai energinya. Sumber energi yang dapat menghasilkan listrik adalah BBM dan gas. Pasokan sumber energi saat ini semakin menipis sehingga secara tidak langsung mempengaruhi tarif dasar listrik (TDL). Sementara itu penggunaan energi listrik seiring berjalannya waktu semakin meningkat. Kementerian ESDM, Hendra Iswahyudi mengatakan bahwa konsumsi listrik nasional untuk rumah tangga mengalami kenaikan sebesar 10% dari 58,82 TWh menjadi 64,74 TWh per Juli 2020 sejak pemberlakuan Pembatasan Sosial Berskala Besar. Keterbatasan tersedianya sumber energi fosil sebagai penghasil energi listrik telah mendorong penelitian dan pengembangan ke arah penggunaan energi alternatif. Beberapa sumber energi alternatif yang dapat memasok listrik adalah dengan pemanfaatan sel surya. Energi listrik dari sel surya telah banyak dimanfaatkan dalam berbagai bidang. Namun, tidak semua lapisan masyarakat dapat menikmati energi sel surya ini sebagai energi listrik dikarenakan biaya yang harus dikeluarkan tidak sedikit. Hal ini tentunya menjadi kendala bagi masyarakat ekonomi menengah ke bawah.

Biobaterai adalah suatu alat yang dapat menghasilkan energi listrik yang bersumber dari makhluk hidup. Buah-buahan menjadi bahan yang paling berpotensi menjadi biobaterai. Buah selain dijadikan sebagai makanan, minuman serta sumber vitamin yang bermanfaat bagi tubuh ternyata juga memiliki kemampuan dalam menghasilkan listrik khususnya buah yang memiliki kadar asam yang tinggi seperti nenas. Buah yang mengandung asam klorida, asam sitrat, bersifat elektrolit kuat sehingga dapat terurai sempurna menjadi ion dalam larutan. Selain itu, buah seperti nenas yang mengandung banyak air apabila dua buah logam dicelupkan akan menghasilkan beda potensial antar elektroda sehingga dapat menghasilkan arus listrik. Hal ini sesuai dengan prinsip sel volta yang berhubungan dengan reaksi reduksi-oksidasi atau dapat disingkat reaksi redoks.



Atina (2015) dalam penelitiannya terkait tegangan dan kuat arus listrik dari sifat asam buah. Buah yang dijadikan elektrolit biobaterai adalah buah yang mengandung asam seperti nenas, buah tomat, belimbing wuluh, apel, dan jeruk kunci. Masing-masing sampel diambil ekstraknya dan diukur pH, kuat arus dan tegangan listrik yang dihasilkan dengan 10 kali pengulangan setiap 5 menit. Diperoleh hasil pengukuran yang dihasilkan diurutkan berdasarkan pH, tegangan dan arus yang paling tinggi yaitu jeruk kunci (3; 1,005 V; 3,672 mA), belimbing wuluh (2; 0,976 V; 2,931 mA), apel (3,7; 0,974V; 2,658 mA), nenas (4; 0,920 Volt; 1,839 mA), tomat (5; 0,876 V; 0,890 mA). Sehingga dapat disimpulkan bahwa pH buah berbanding terbalik dengan tegangan dan kuat arus artinya, apabila pH buah rendah maka tegangan dan kuat arus semakin tinggi dan sebaliknya.

Asmarani (2017) melakukan penelitian terkait analisis jeruk dan kulit jeruk sebagai larutan elektrolit terhadap kelistrikan sel volta. Pada penelitian ini menggunakan elektroda Tembaga (Cu) dan Seng (Zn). Larutan elektrolit berasal dari larutan buah jeruk nipis, larutan buah lemon, larutan buah jeruk medan, larutan buah jeruk pontianak, larutan kulit jeruk nipis, larutan kulit lemon, larutan kulit jeruk pontianak, dan larutan kulit jeruk medan. Variasi volume adalah 20 ml, 30 ml, 40 ml, dan 50 ml. Serta lama waktu fermentasi adalah 48 jam, 96 jam, 144 jam, dan 192 jam. Tingkat keasaman diukur dengan pH meter. Hasil pengukuran tanpa beban terbaik didapatkan pada larutan jeruk lemon busuk yakni 19,36 V. Pengukuran dengan beban 1000  $\Omega$  didapatkan hasil terbaik pada larutan jeruk nipis fermentasi 48 jam, yaitu 2,369 mW, 0,762 mA, dan 3,11 V. Kemudian pada pengukuran dengan penambahan beban LED hingga kemampuan maksimal didapatkan hasil terbaik pada larutan jeruk lemon dan jeruk nipis dengan keluaran 9 buah LED.

Berdasarkan latar belakang di atas peneliti berkeinginan melakukan penelitian mengenai “Analisis Kelistrikan Sari Buah Nenas (*Ananas comosus*) Sebagai Energi Alternatif Biobaterai.” Sehingga dari penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan data yang dapat memberikan gambaran elektrolit terbaik dari analisis kelistrikan yang dihasilkan larutan sari nenas segar dan fermentasi (3, 5, 7, 9, dan 11 hari) dengan variasi volume elektrolit disertai kemampuan biobaterai

sari nenas dalam penyalan LED merah selama 2 jam dan mengukur massa reduksi Cu.

### **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh lama waktu fermentasi larutan sari nenas terhadap tegangan, arus, dan daya listrik yang dihasilkan biobaterai?
2. Bagaimana pengaruh penambahan volume pada larutan sari nenas segar dan larutan sari nenas fermentasi terhadap tegangan, arus, dan daya listrik yang dihasilkan biobaterai?
3. Bagaimana kemampuan setiap sampel biobaterai sari nenas dalam penyalan lampu LED merah selama 2 jam serta massa reduksi pada lempeng Cu?

### **1.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Sampel cairan yang digunakan adalah larutan sari nenas segar dan fermentasi.
2. Perlakuan sari nenas segar tanpa fermentasi.
3. Lama waktu fermentasi yang digunakan adalah 3, 5, 7, 9, dan 11 hari.
4. Volume larutan dalam penelitian ini adalah 50, 100, 150, 200, dan 250 ml.
5. Penelitian dilakukan pada suhu dan kelembaban ruangan yang sama.
6. Elektroda yang digunakan adalah Cu dan Zn.
7. Pengukuran kadar keasaman larutan sari nenas dengan pH meter.
8. Sifat kelistrikan yang akan diteliti adalah nilai tegangan, arus listrik, daya listrik, kemampuan setiap sampel biobaterai sari nenas dalam penyalan LED merah selama 2 jam, serta massa reduksi pada Cu.

### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Untuk mengetahui pengaruh lama waktu fermentasi larutan sari nenas terhadap tegangan, arus, dan daya listrik yang dihasilkan biobaterai.

2. Untuk mengetahui pengaruh penambahan volume pada larutan sari nenas segar dan larutan sari nenas fermentasi terhadap tegangan, arus, daya listrik yang dihasilkan biobaterai.
3. Untuk mengetahui kemampuan setiap sampel biobaterai sari nenas dalam penyalan LED merah selama 2 jam dan mengetahui massa reduksi Cu.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menginformasikan kepada masyarakat bahwa sari nenas segar dan fermentasi dapat menjadi alternatif biobaterai.
2. Masyarakat dapat memperoleh energi listrik yang terbarukan dengan optimalisasi penggunaan sari nenas.
3. Mengurangi ketergantungan masyarakat terhadap energi fosil dengan beralih kepada biobaterai yang ramah lingkungan dari sari nenas untuk menghasilkan energi listrik.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tanaman Nenas**

Salah satu ciptaan Allah SWT yang dapat memberi banyak manfaat dan kenikmatan bagi manusia adalah tumbuhan. Allah menciptakan tumbuhan yang beraneka ragam sebagai sumber energi bagi manusia dan hewan. Di antara tumbuhan tersebut menghasilkan buah yang mengandung vitamin yang baik untuk tubuh. Buah tersebut beraneka ragam rasanya, ada yang manis, asam dan masing-masing memiliki kandungan vitamin yang berbeda pula.

Tanaman nenas adalah salah satu tumbuhan yang mengandung banyak vitamin dan zat asam yang cukup tinggi pada buahnya. Kandungan asam yang tinggi pada buah nenas ini dapat menjadi elektrolit pada biobaterai. Allah berfirman di dalam Al-Qur'an surat Asy-Syu'ara/26 : 7, yaitu:

أَوَلَمْ يَرْوِا إِلَى الْأَرْضِ كَمْ أَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ

Artinya: *“Dan apakah mereka tidak memperhatikan bumi, betapa banyak Kami tumbuhkan di bumi itu berbagai macam pasangan (tumbuh-tumbuhan) yang baik?”*

Ayat di atas menjelaskan bahwa setiap ciptaan-Nya yang ada di bumi termasuk tanda-tanda kekuasaan Allah SWT. Menurut Tafsir Ibnu Katsir (1994) dalam Yuanisa (2017), menafsirkannya sebagai berikut:

“Tidaklah mereka memperhatikan betapa besar kekuasaan Allah dan betapa luasnya karunia dan nikmat-Nya kepada hamba-hamba-Nya dengan apa yang ditumbuhkan di bumi itu berupa pelbagai tumbuh-tumbuhan yang baik. Tidaklah di dalam penciptaan Allah itu mereka tanda wujud-Nya dan keagungan Dzat-Nya, namun kebanyakan mereka itu bukan orang-orang mukmin.”

Allah SWT menumbuhkan dengan air hujan berbagai macam pepohonan, buah-buahan, sayur-sayuran. Proses pertumbuhannya adalah dengan penyiraman air hujan di mana tumbuh dan berbuahnya pepohonan tersebut merupakan tanda-tanda bagi orang yang berfikir. Berdasarkan tafsir di atas, manusia hendaknya mengambil hikmah atas segala ciptaan Allah SWT yang ada di bumi ini. Sesungguhnya Allah Maha Kuasa menciptakan bumi dan dengan segala isinya seperti halnya menumbuhkan tumbuh-tumbuhan yang beraneka ragam dengan khasiat dan manfaat yang beragam pula. Segala ciptaan Allah SWT yang ada di bumi ini tidak lain adalah nikmat yang patut disyukuri dengan memanfaatkannya sebaik mungkin serta melakukan eksplorasi sebaik mungkin terhadap ciptaan-Nya sehingga dapat benar-benar merasakan tanda kekuasaan Allah dan menambah keimanan.

Tanaman nenas diperkirakan berasal dari Amerika Selatan ditemukan pada tahun 1493 di pulau Caribbean. Sementara itu, penyebaran buah nenas di Indonesia di bawa oleh bangsa Spanyol pada abad ke-15. Daerah penghasil nenas yang terkenal adalah Subang, Bogor, Riau, Palembang, dan Blitar (Javalin, 2017). Dari penelitian Yuanisa (2017), Tanaman nenas mempunyai nama botani *Ananas comosus*. Tanaman nenas termasuk klasifikasi tanaman berbunga. Adapun klasifikasi tanaman nenas adalah sebagai berikut.

Kingdom	: <i>Plantae (tumbuhan)</i>
Divisi	: <i>Spermatophyta (tumbuhan berbiji)</i>
Subdivisi	: <i>Angiospermae ( berbiji tertutup)</i>
Kelas	: <i>Dicotyledonae (biji berkeping dua)</i>
Ordo	: <i>Bromeliales</i>
Famili	: <i>Bromoliaceae</i>
Genus	: <i>Ananas</i>
Species	: <i>Ananas comosus</i>

Daun nenas memiliki panjang  $\pm 100$  cm dan lebar 2–8 cm, berbentuk pedang, ujung daun runcing dan tepi daun memiliki duri dan berwarna hijau atau hijau kemerahan. Nenas mempunyai bunga dengan rangkaian majemuk yang terletak pada ujung batang. Bunga nenas memiliki kuntum sebanyak 5–10 yang akan tumbuh dalam waktu 10–20 hari setelah tanam. Buah nenas merupakan buah

majemuk yang terbentuk dari gabungan dari 100–200 bunga. Mata buah nenas berasal dari putik buah nenas. Buah nenas mempunyai rasa bervariasi dari asam hingga manis, berbentuk bulat panjang, berdaging, berwarna hijau dan akan berwarna kuning jika masak. Buah yang telah siap di panen memiliki ciri-ciri yaitu timbul aroma khas, mata buah lebih mendatar, besar, dan bentuknya bulat, mahkota buah terbuka, dan tangkai buah mengkerut (Javalin, 2017).



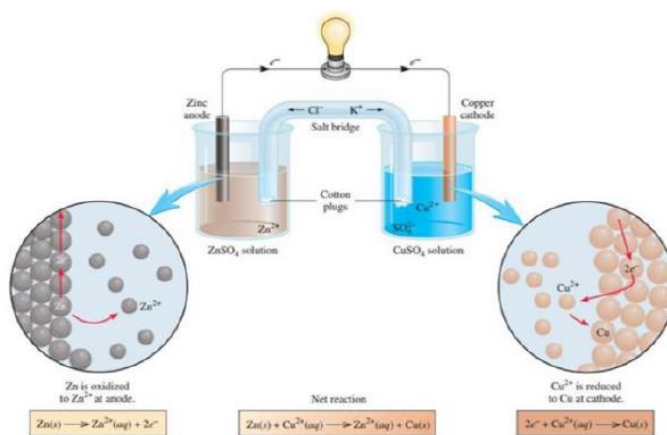
**Gambar 2.1 Buah Nenas**

Nenas memiliki kandungan nilai gizi yang cukup tinggi, kaya akan vitamin A, B, C dan mineral seperti kalsium, fosfor, dan besi serta mengandung senyawa antioksidan seperti flavonoid dan polifenol (Atina, 2015). Menurut penelitian Djamilu (2019), Nenas kaya akan karbohidrat dan gula reduksi yang menghasilkan asam. Kandungan asam dalam nenas antara lain asam sitrat, asam malat, asam oksalat di mana kandungan asam tersebut didominasi oleh asam sitrat yakni sebesar 78%. Dalam hal ini, bahan organik pada buah yang dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik adalah asam sitrat ( $C_6H_8O_7$ ).

## **2.2 Elektrokimia**

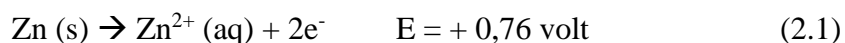
Reaksi elektrokimia dapat mengubah energi kimia menjadi energi listrik. Peristiwa pelepasan elektron pada suatu elektroda disebut reaksi oksidasi, dan sebaliknya penerimaan elektron pada elektroda lainnya disebut reaksi reduksi. Gabungan dari kedua reaksi ini dikenal dengan reaksi redoks. Reaksi redoks ini dibagi menjadi 2 yaitu, setengah reaksi pertama menyatakan oksidasi, dan setengah reaksi kedua menyatakan reduksi. Contoh reaksi redoks adalah  $Cu + 2Ag^+ \rightarrow Cu^{2+} + 2Ag$ . Pada sel elektrokimia, kedua setengah reaksi dipisahkan

dengan maksud agar aliran listrik (elektron) yang ditimbulkan dapat dipergunakan. Ciri yang menandakan sebuah sel adalah adanya gaya gerak listrik (GGL), di mana gerak ini disebabkan karena perbedaan potensial antara katoda dan anoda (Imama, 2015).

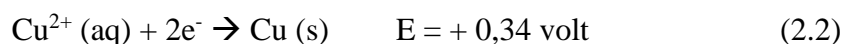


**Gambar 2.2 Prinsip Kerja Sel Volta**  
(Sumber: Sumanzaya, 2019)

Apabila dua elektroda memiliki beda potensial dihubungkan melalui cairan elektrolit maka arus listrik akan mengalir melalui kedua elektroda tersebut. Peristiwa ini sama dengan prinsip kerja baterai. Apabila dua elektroda misalnya elektroda Zn dan elektroda Cu dihubungkan dengan kawat dan terhubung dengan lampu dan jembatan garam, maka logam Zn akan teroksidasi menjadi  $\text{Zn}^{2+}$  dengan persamaan:



Elektron yang dihasilkan oleh logam Zn mengalir melalui lampu menuju ke arah elektroda Cu. Kemudian, elektron yang ditangkap oleh ion Cu dalam larutan  $\text{CuSO}_4$  terjadi persamaan:



Cu yang dihasilkan akan mengendap pada katoda dan menjadi kutub positif sedangkan logam Zn menjadi kutub negatif karena mengalami oksidasi (anoda). Perpindahan elektron ini menyebabkan larutan di anoda kelebihan muatan positif dengan bertambahnya ion Zn. Larutan di katoda akan kelebihan muatan negatif karena berkurangnya ion Cu. Untuk menetralkan muatan listrik, maka dipasang jembatan garam yaitu berupa larutan  $\text{NaNO}_3$  atau  $\text{KCl}$  yang dimasukkan ke dalam pipa U (Sumanzaya, 2019).

## 2.3 Elektroda

Dalam sebuah sel elektrokimia energi listrik dihasilkan dengan jalan pelepasan elektron pada suatu elektroda yang disebut dengan oksidasi dan penerimaan elektron pada elektroda lainnya yang disebut dengan reaksi reduksi (Asmarani, 2017). Elektroda adalah konduktor yang terbuat dari logam seperti tembaga, perak, timah, atau seng di mana dapat dilalui arus listrik. Elektroda juga dapat terbuat dari bahan non logam seperti grafit. Elektroda terdiri atas katoda dan anoda. Pada baterai, anoda adalah tempat terjadinya reaksi oksidasi ketika elektron memasuki sel elektrokimia sedangkan katoda tempat terjadinya reaksi reduksi ketika elektron memasuki sel elektrokimia. Untuk lebih jelasnya, elektroda dapat diuraikan sebagai berikut:

### 1. Anoda

Pada sel galvani, anoda adalah tempat terjadinya reaksi oksidasi dan bertindak sebagai muatan negatif karena elektron dilepaskan oleh elektroda. Sedangkan pada sel elektrolisis anoda bertindak sebagai muatan positif jika dihubungkan dengan katoda. Ion-ion bermuatan negatif akan mengalir pada anoda untuk dioksidasi.

### 2. Katoda

Katoda adalah elektroda tempat terjadinya reaksi reduksi. Pada sel galvani, katoda bermuatan positif. Ion yang bermuatan positif ini direduksi oleh elektron yang datang dari anoda. Pada sel elektrolisis, katoda bertindak sebagai muatan negatif. Pada sel galvani, elektron bergerak dari anoda ke katoda (Aristian, 2016).

Ada beberapa jenis logam yang dapat dijadikan katoda dan anoda di antaranya adalah sebagai berikut.

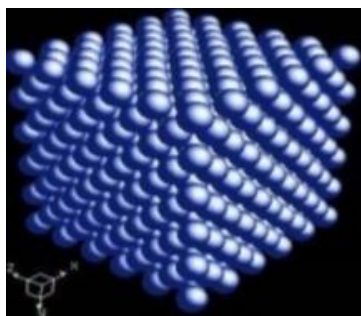
#### 1. Tembaga (Cu)

Tembaga adalah unsur kimia dengan simbol Cu dengan nomor atom 29, yang ditemukan sebagai wujud bijih tembaga yang masih bersenyawa dengan zat asam. Logam ini termasuk logam berat non ferro (logam dan paduan yang tidak mengandung Fe dan C sebagai unsur dasar) yang memiliki sifat penghantar listrik dan panas yang tinggi, keuletan yang



tinggi dan sifat tahanan korosi yang baik. Produksi tembaga sebagian besar dipakai sebagai kawat karena dapat menghantarkan listrik.

Struktur kristal tembaga murni adalah *face centered cubic* (FCC) di mana memiliki titik leleh 1084,62 °C.



**Gambar 2.3 Struktur Kristal Tembaga**

(Sumber: Asmarani, 2017)

**Tabel 2.1 Sifat-Sifat Fisis, Mekanik, dan Panas dari Tembaga Murni**

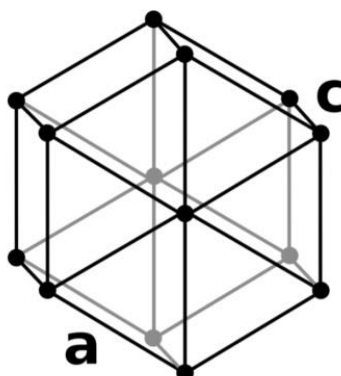
<b>Sifat Fisis</b>	<b>Satuan</b>
Densitas	8920 kg/m <sup>3</sup>
<b>Sifat Mekanik</b>	<b>Satuan</b>
Kuat Tarik	200 N/mm <sup>2</sup>
Modulus Elastisitas	130 GPa
Brinell Hardness	874 MNm <sup>-2</sup>
<b>Sifat Panas</b>	<b>Satuan</b>
Koefisien Ekspansi Termal	16,5 x 10 <sup>-6</sup> / (m.K)
Konduktivitas Panas	400 W/ (m.K)

(Sumber: Asmarani, 2017)

## 2. Seng (Zn)

Seng merupakan salah satu unsur kimia dengan simbol Zn, nomor atom 30, dan menempati tempat pertama pada golongan XII unsur transisi di dalam tabel periodik unsur. Secara kimia, seng memiliki sifat yang mirip dengan magnesium (Mg) karena memiliki ukuran atom yang hampir sama dengan bilangan oksidasi +2. *Zinc* adalah logam yang putih-kebiruan, berkilau, dan bersifat diamagnetik, logam ini cukup mudah ditempa dan liat pada 110-150 °C. *Zinc* melebur pada 410 °C dan mendidih pada 906 °C. Dibandingkan dengan logam-logam lainnya, seng memiliki titik lebur dan titik didih yang relatif rendah. Seng cenderung membentuk ikatan

kovalen berderajat tinggi (Asmarani, 2017). Struktur kristal dari seng (Zinc) adalah heksagon.



**Gambar 2.4 Struktur Kristal Seng (Zn)**  
(Sumber: <https://id.m.wikipedia.org/wiki/Seng>)

**Tabel 2.2 Sifat-Sifat Fisis, Mekanik, dan Panas dari Seng (Zinc)**

Sifat Fisis	Satuan
Densitas	7,14 g/cm <sup>3</sup>
Sifat Mekanik	Satuan
Skala Mohs	2,5
Modulus Young	108 GPa
Brinnel Hardness	412 MPa
Sifat Panas	Satuan
Koefisien Ekspansi Termal	30,2 x 10 <sup>-6</sup> / (m.K)
Konduktivitas Panas	116 W/ (m.K)

(Sumber: <https://id.m.wikipedia.org/wiki/Seng>)

## 2.4 Potensial Elektroda

Perbedaan potensial antara elektroda menyebabkan arus listrik mengalir dari elektroda negatif (anoda) ke elektroda positif (katoda). Perbedaan potensial yang diamati tergantung pada jenis bahan elektroda dan konsentrasi serta temperatur larutan elektrolit. Ciri elektroda yang ideal adalah memiliki konduktivitas yang tinggi serta luas permukaan spesifik yaitu luas permukaan per unit sebesar mungkin untuk penyerapan.

Saat dua buah elektroda seperti Cu-Zn terhubung dengan larutan elektrolit, maka konsentrasi pembawa muatan positif dan negatif menjadi tidak seimbang dan terdapat beda potensial antara keduanya. Pertukaran pembawa muatan dari

elektroda ke larutan elektrolit maupun sebaliknya menyebabkan adanya aliran arus listrik (pembawa muatan) dalam rangkaian tertutup pada kedua elektroda tersebut. Perubahan energi kimia melalui reaksi redoks ini menghasilkan gaya gerak listrik (Aristian, 2016).

Potensial standar hidrogen digunakan untuk membandingkan besar elektroda dari berbagai jenis logam ditunjukkan dalam tabel 2.3

**Tabel 2.3 Nilai Potensial Reduksi Deret Volta**

<b>Reaksi Reduksi</b>	<b>Logam</b>	<b>E (Volt)</b>
$\text{Li}^+ + \text{e}^-$	Li	-3,04
$\text{K}^+ + \text{e}^-$	K	-2,92
$\text{Ba}^{2+} + 2\text{e}^-$	Ba	-2,90
$\text{Ca}^{2+} + 2\text{e}^-$	Ca	-2,87
$\text{Na}^+ + \text{e}^-$	Na	-2,71
$\text{Mg}^{2+} + 2\text{e}^-$	Mg	-2,37
$\text{Al}^{3+} + 3\text{e}^-$	Al	-1,66
$\text{Mn}^{2+} + 2\text{e}^-$	Mn	-1,18
$2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^-$	$\text{H}_2\text{O}$	-0,83
$\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$	Zn	-0,76
$\text{Cr}^{3+} + 3\text{e}^-$	Cr	-0,71
$\text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$	Fe	-0,44
$\text{Cd}^{2+} + 2\text{e}^-$	Cd	-0,40
$\text{Co}^{2+} + 2\text{e}^-$	Co	-0,28
$\text{Ni}^{2+} + 2\text{e}^-$	Ni	-0,25
$\text{Sn}^{2+} + 2\text{e}^-$	Sn	-0,14
$\text{Pb}^{2+} + 2\text{e}^-$	Pb	-0,13
$2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$	H	0
$\text{Hg}^{2+} + 2\text{e}^-$	Hg	0,13
$\text{Bi}^{2+} + 2\text{e}^-$	Bi	0,30
$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^-$	Cu	0,34
$\text{Ag}^+ + \text{e}^-$	Ag	0,80
$\text{Pt}^{2+} + 2\text{e}^-$	Pt	1,20
$\text{Au}^{3+} + 3\text{e}^-$	Au	1,50

(Sumber: Asmarani, 2017)

Semakin ke kiri kedudukan suatu logam dalam deret volta, maka logam semakin reaktif (semakin mudah melepas elektron) dan logam merupakan reduktor yang semakin kuat (semakin mudah mengalami oksidasi). Sebaliknya, semakin ke kanan kedudukan suatu logam dalam deret tersebut, maka logam semakin kurang reaktif dan logam merupakan oksidator yang semakin kuat (Asmarani, 2017).

Dari nilai potensial deret volta pada tabel 2.3 menunjukkan bahwa potensial elektroda Cu terhadap Zn dapat dihitung dengan persamaan 2.3 yaitu:

$$E^{\circ} \text{ sel} = E^{\circ} \text{ katoda} - E^{\circ} \text{ anoda} \quad (2.3)$$

Dari persamaan tersebut, reaksi oksidasi (anoda) terjadi pada elektroda seng (Zn), sedangkan reaksi reduksi (katoda) terjadi pada elektroda tembaga (Cu). Sehingga di dapatkan nilai  $E^{\circ}$  sel pada Cu-Zn adalah sebesar 0,34 V- (-0,76 V) = 1,10 Volt (Aristian, 2016).

## 2.5 Baterai

Pada dasarnya larutan yang bersifat asam dapat menghantarkan elektron dan menghasilkan arus listrik sehingga dapat berpotensi sebagai bahan biobaterai. Prinsip kerja baterai ini pada dasarnya hanya melibatkan transportasi elektron antara dua elektroda yang dipisahkan oleh medium konduktif (elektrolit) yang dapat menghasilkan arus dan beda potensial (Fadillah, dkk, 2015). Bahan dan luas permukaan elektroda mampu mempengaruhi jumlah beda potensial yang dihasilkan. Jika luas permukaan elektroda diperbesar maka akan semakin banyak elektron yang dapat dioksidasi dibandingkan elektroda dengan luas permukaan yang kecil (Asmarani, 2017). Beberapa jenis baterai dalam sel elektrokimia yang sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari, di antaranya adalah aki (accu), baterai kering, baterai alkalin, baterai lithium.

## 2.6 Larutan Elektrolit dan Non Elektrolit

Larutan elektrolit adalah larutan yang dapat menghantarkan listrik, karena menurut teori Arrhenius di dalam larutan tersebut terkandung atom bermuatan listrik (ion) yang bergerak bebas. Ketika diberi beda potensial ion yang bermuatan negatif (anion) bergerak menuju anoda sedangkan ion yang bermuatan positif (kation) bergerak menuju katoda karena ada perbedaan muatan. Sebaliknya larutan non elektrolit tidak dapat menghantarkan listrik karena tidak ada atom yang bergerak bebas (ion) di dalam larutan. Senyawa yang berada dalam air jika terurai sempurna dalam air disebut elektrolit kuat di mana memiliki daya hantar listrik yang baik meskipun konsentrasinya kecil (Imama, 2015). Larutan elektrolit akan memberikan gejala berupa nyala lampu atau timbulnya gelembung gas

dalam larutan. Larutan elektrolit dapat dikelompokkan menjadi tiga jenis yaitu elektrolit kuat, elektrolit lemah dan non elektrolit seperti yang ditunjukkan oleh tabel 2.4

**Tabel 2.4 Pengelompokan Larutan Berdasarkan Jenisnya**

Jenis Larutan	Sifat dan Pengamatan Lain	Contoh Senyawa	Reaksi Ionisasi
Elektrolit Kuat	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Terionisasi sempurna</li> <li>- Menghantarkan arus listrik</li> <li>- Lampu menyala terang</li> <li>- Terdapat gelembung gas</li> </ul>	NaCl, HCl, NaOH, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , dan KCl	$\text{NaCl} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$ $\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{OH}^-$ $\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$ $\text{KCl} \rightarrow \text{K}^+ + \text{Cl}^-$
Elektrolit Lemah	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Terionisasi sebagian</li> <li>- Menghantarkan arus listrik</li> <li>- Lampu menyala redup</li> <li>- Terdapat gelembung gas</li> </ul>	CH <sub>3</sub> COOH, HCN, Al(OH) <sub>3</sub>	$\text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{H}^+ + \text{CH}_3\text{COO}^-$ $\text{HCN} \rightarrow \text{H}^+ + \text{CN}^-$ $\text{Al(OH)}_3 \rightarrow \text{Al}^{3+} + 3\text{OH}^-$
Non Elektrolit	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tidak terionisasi</li> <li>- Tidak menghantarkan arus listrik</li> <li>- Lampu tidak menyala</li> <li>- Tidak terdapat gelembung gas</li> </ul>	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH, C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH, C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>

(Sumber: Sumanzaya, 2019)

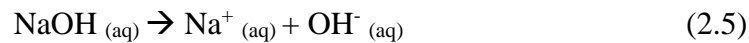
Kekuatan suatu elektrolit ditandai dengan suatu besaran yang disebut derajat ionisasi ( $\alpha$ ). Elektrolit kuat memiliki harga  $\alpha = 1$ , karena semua zat yang dilarutkan terurai menjadi ion. Elektrolit lemah memiliki harga  $\alpha < 1$  karena hanya sebagian yang terurai menjadi ion, sedangkan non elektrolit memiliki harga  $\alpha = 0$  karena tidak ada yang terurai menjadi ion (Sumanzaya, 2019).

## 2.7 Derajat Keasaman (pH)

Arrhenius pada tahun 1887 mengemukakan teori terkait asam dan basa yaitu apabila suatu elektrolit melarut maka akan terurai menjadi ion negatif dan ion positif. Suatu jenis zat jika terurai di dalam air menghasilkan ion hidrogen ( $\text{H}^+$ ) disebut asam misalnya HCl (Imama, 2015).



Sedangkan basa jika terurai dalam air akan menghasilkan ion hidroksida ( $\text{OH}^-$ ). Contoh basa adalah NaOH



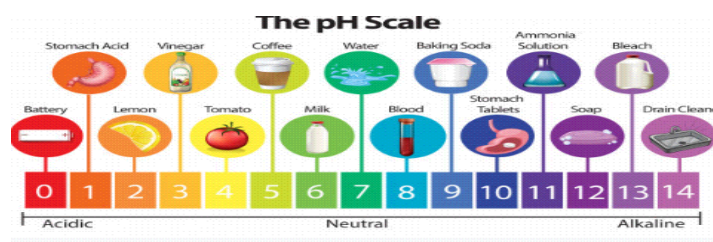
pH atau derajat keasaman digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan yang dimiliki oleh suatu zat, larutan atau benda. Istilah pH diturunkan dari konsentrasi ion hidrogen dalam suatu larutan.

$$\text{pH} = \log 10 \frac{1}{(\text{H}^+)} \quad (2.6)$$

Secara ringkas, keasaman atau kebasaan suatu larutan dapat dinyatakan sebagai berikut.

- Jika  $\text{pH} = 7$  larutan bersifat netral
- Jika pH lebih kecil dari 7 maka larutan bersifat asam
- Jika pH lebih besar dari 7 larutan bersifat basa

Di dalam laboratorium, pH suatu larutan dapat dilakukan secara langsung maupun tidak langsung. Secara tidak langsung, pH larutan dapat diperoleh dengan menghitung konsentrasi  $\text{H}^+$ . Selain itu, pH larutan dapat ditentukan secara langsung dengan bantuan pH meter dan indikator universal. Indikator universal dapat berupa kertas lakmus yaitu dengan melihat perubahan warna yang terjadi dan dicocokkan dengan pita warna yang tertera pada kotaknya (Atina, 2015)



**Gambar 2.5 Skala pH**

(Sumber: [https://pl.freepik.com/darmowe-wektory/naukowa-skala-ph\\_2588946.htm](https://pl.freepik.com/darmowe-wektory/naukowa-skala-ph_2588946.htm))

Kekuatan asam basa dapat ditentukan dari pH larutan dengan konsentrasi yang sama. pH asam kuat lebih kecil dibandingkan pH asam lemah. Sedangkan pH basa kuat lebih besar daripada pH basa lemah (Siregar, 2017).

## 2.8 Fermentasi

Fermentasi adalah proses memproduksi energi di dalam sel dalam keadaan tanpa oksigen (anaerob). Pada umumnya, fermentasi dilakukan untuk meningkatkan keasaman dari bahan. Proses fermentasi menghasilkan asam yang lebih besar. Dalam hal ini dapat meningkatkan kekuatan elektrolit dalam bahan sehingga menjadi lebih reaktif dengan elektroda dan menghasilkan tegangan yang lebih tinggi (Asmarani, 2017).

Fermentasi adalah kegiatan mengaktifkan pertumbuhan dan metabolisme dari mikroba membentuk alkohol dan asam. Apabila suatu mikroba ditumbuhkan dalam media pati, maka pati tersebut oleh enzim amilase akan diubah menjadi maltosa. Kemudian, maltosa dapat dirombak menjadi glukosa oleh enzim tersebut. Lalu, glukosa dirombak menjadi alkohol oleh enzim zimase. Fermentasi dapat dilakukan secara tidak spontan yaitu dengan menambahkan ragi. Ragi tape *Saccharomyces cerevisiae* akan mengubah 70% glukosa menjadi karbon dioksida dan alkohol (Sutanto, 2013).

Lama waktu fermentasi akan menambah keasaman suatu larutan. Semakin lama waktu fermentasi maka semakin tinggi keasamannya sehingga tegangan listriknya semakin meningkat. Penambahan massa ragi juga sangat mempengaruhi nilai tegangan listrik (Khairiah, 2017). Semakin banyak ragi yang ditambahkan menyebabkan pH yang dihasilkan semakin kecil. Hubungan pH dan tegangan adalah berbanding terbalik. Nilai pH yang kecil akan memperbesar arus dan tegangan listrik. Semakin besar tegangan listrik, maka semakin lama lampu dapat menyala (Manggala, dkk, 2017).

## 2.9 Besaran Listrik

Beberapa besaran yang berhubungan dengan kelistrikan di antaranya adalah arus listrik, beda potensial, daya listrik serta hukum Faraday yang berhubungan dengan kelistrikan.

### 1. Arus Listrik

Arus listrik dapat mengalir dikarenakan adanya muatan listrik yang bergerak melalui penghantar dalam setiap detik. Dalam satuan SI, kuat arus  $I$  diukur dalam satuan ampere, disingkat dengan A.

$$I = \frac{Q}{t} \quad (2.7)$$

George Simon Ohm (1789-1854) mengemukakan adanya hubungan antara kuat arus yang mengalir dalam penghantar dengan selisih beda potensial kedua ujung penghantar itu, yang dinyatakan sebagai berikut:

$$R = \frac{V}{I} \quad (2.8)$$

Dengan R menyatakan hambatan pengantar, dalam SI, satuannya diukur dalam ohm, dilambangkan dengan  $\Omega$ . Satu Ohm hambatan sama dengan satu volt per satu ampere.

## 2. Beda Potensial

Muatan yang bergerak dari satu titik ke titik lain melakukan usaha (Wab). Jika Wab adalah usaha yang dikerjakan oleh sebuah partikel bermuatan Q dari titik a ke titik b, maka perbedaan potensial listrik antara titik a dan b, Vab didefinisikan sebagai

$$V_{ab} = \frac{W}{Q} = V_a - V_b \quad (2.9)$$

dengan Vab adalah beda potensial listrik antara titik a dan titik b. Satuan dari beda potensial adalah Joule/Coulomb (V). Karena diukur dalam volt, beda potensial disebut juga voltage atau tegangan.

## 3. Daya Listrik

Daya merupakan energi yang diperlukan tiap satuan waktu. Apabila suatu muatan diberi hambatan maka akan terjadi penurunan potensial. Jika selisih kedua ujung resistor adalah V, maka jumlah energi yang hilang adalah:

$$P = V I \quad (2.10)$$

Hilangnya energi sebagai akibat tumbukan berulang antara muatan yang mengalir dengan atom-atom dari resistor. Akibatnya, atom mungkin bergetar dari posisi keseimbangannya. Peristiwa hilangnya energi dalam resistor akan berubah wujud menjadi panas (Jauharah, 2013).



#### 4. Hukum Faraday (Massa hasil elektrolisis)

Pada tahun 1833, Michael Faraday menetapkan hubungan antara kelistrikan dan ilmu kimia pada semua reaksi elektrokimia. Beliau mengemukakan dua Hukum Faraday, yaitu:

- a) Hukum I Faraday menyatakan bahwa jumlah dari elektron-elektron yang dibebaskan oleh katoda dan anoda selama elektrolisa sebanding dengan jumlah arus listrik yang mengalir dalam larutan.
- b) Hukum II Faraday menyatakan bahwa jumlah ion-ion yang dibebaskan memberikan sejumlah arus listrik yang sebanding dengan berat ekivalennya.

Hukum Faraday I membuktikan bahwa terdapat hubungan antara reaksi kimia dengan jumlah arus listrik yang melalui elektrolit. Menurutny, arus 1 Ampere mengalir selama 96.496 detik (26,8 jam) membebaskan 1,008 gram hidrogen dan 35,437 gram khlor dari larutan asam klorida encer. Hasil yang ditunjukkan adalah 96.496 Coulomb arus listrik membebaskan satu satuan berat ekivalen ion positif dan negatif. Oleh sebab itu 96.496 Coulomb dapat dibulatkan menjadi 96.500 Coulomb dan dinyatakan dengan 1 Faraday.

Untuk menentukan massa logam yang terdekomposisi di katoda dan anoda dengan arus dan waktu dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$W = \frac{It}{96500} \times \frac{Ar}{valensi} \quad (2.11)$$

Di mana : W = Massa endapan hasil elektrolisis (gram)

I = Arus Listrik (Ampere)

T = Waktu (detik)

Ar = Massa atom relatif (Budiyanto, dkk. 2016)

## 2.10 Penelitian yang Relevan

### 2.10.1 Penelitian Sebelumnya

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Atina (2015) terkait tegangan dan kuat arus listrik dari sifat asam buah. Buah yang dijadikan elektrolit biobaterai adalah buah yang mengandung asam seperti nanas, buah tomat, belimbing wuluh, apel, dan jeruk kunci. Masing-masing sampel diambil ekstraknya dan diukur pH,

kuat arus dan tegangan listrik yang dihasilkan dengan 10 kali pengulangan setiap 5 menit. Diperoleh hasil pengukuran yang dihasilkan diurutkan berdasarkan pH, tegangan dan arus yang paling tinggi yaitu jeruk kunci (3; 1,005 V; 3,672 mA), belimbing wuluh (2; 0,976 V; 2,931 mA), apel (3,7; 0,974V; 2,658 mA), nenas (4; 0,920 Volt; 1,839 mA), tomat (5; 0,876 V; 0,890 mA). Sehingga dapat disimpulkan bahwa pH buah berbanding terbalik dengan tegangan dan kuat arus artinya, apabila pH buah rendah maka tegangan dan kuat arus semakin tinggi dan sebaliknya.

Imama (2015) melakukan penelitian terkait energi, arus dan tegangan listrik bahan elektrolit berbentuk agar-agar dari limbah buah dan sayuran. Penelitian dilakukan untuk menguji kelistrikan yang ditimbulkan oleh nanas, jeruk, jambu, kentang dan kubis. Desain biobaterai adalah dalam bentuk agar-agar elektrolit disusun dengan anoda dan katoda. Pada penelitian ini menggunakan 6 buah sel biobaterai yang dirangkai seri dan paralel. Saat baterai dirangkai seri maka akan meningkatkan nilai tegangan listrik dan ketika dirangkai secara paralel akan menghasilkan arus yang lebih besar, sehingga perlu dirangkai secara seri-paralel supaya arus dan tegangan yang dihasilkan lebih besar. Pada penelitian ini dilakukan perlakuan yang berbeda. Perlakuan pertama yaitu pengukuran nilai arus dan tegangan dengan variasi hambatan mulai dari  $10\ \Omega$  sampai dengan  $10\ M\Omega$ , sedangkan perlakuan kedua dengan pengukuran arus dan tegangan sebagai fungsi waktu dengan penggunaan lampu LED. Larutan elektrolit yang menghasilkan nilai arus dan tegangan maksimum adalah nenas yaitu 2,18 Volt dan 5,53 mA, sedangkan larutan yang menghasilkan nilai arus dan tegangan minimum yaitu kubis sebesar 1,44 Volt dan 2,10 mA. Biobaterai yang menghasilkan energi tertinggi selama 60 jam penyalan LED adalah elektrolit jambu  $54,565 \pm 2,573$  Joule, jeruk  $53,224 \pm 2,550$  Joule dan nenas  $50,918 \pm 0,847$  Joule. Dan, elektrolit yang mampu menghidupkan LED paling lama adalah nanas yaitu 116 jam.

Asmarani (2017) melakukan penelitian mengenai analisis kulit jeruk sebagai larutan elektrolit terhadap kelistrikan sel volta. Penelitian ini dilakukan dengan memanfaatkan larutan kulit jeruk yaitu larutan buah jeruk nipis, larutan buah lemon, larutan buah jeruk medan dan larutan buah jeruk pontianak sebagai alternatif bio-baterai dengan variasi volume larutan 20 ml, 30 ml, 40 ml, dan 50

ml. Variasi keadaan larutan yaitu saat segar, fermentasi 48 jam, 96 jam, 144 jam, 192 jam serta busuk alami. Elektroda yang digunakan adalah Cu sebagai katoda dan Zn sebagai anoda. Keasaman larutan dapat diukur dengan pH meter. Dari penelitian ini dapat diperoleh hasil pengukuran terbaik yaitu pada buah lemon busuk sebesar 19,36 V. Sedangkan pada pengukuran yang diberi beban 1000  $\Omega$ , diperoleh hasil terbaik dari larutan jeruk nipis fermentasi 48 jam yaitu 2,369 mW, 0,762 mA, dan 3,11 V. Kemudian apabila diberikan beban berupa LED, diperoleh hasil terbaik pada larutan jeruk lemon dan jeruk nipis yaitu dengan keluaran 9 buah LED.

Siregar (2017) meneliti tentang pengaruh bahan elektroda terhadap kelistrikan belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi*) sebagai solusi energi alternatif ramah lingkungan. Penelitian ini menghasilkan baterai aki basah dengan elektrolit belimbing wuluh dengan variasi katoda dan anoda, yaitu tembaga-seng, tembaga-aluminium, tembaga-timah, tembaga-besi dan masing-masing plat berukuran 4,5 x 10 cm. Analisis kelistrikan berupa nilai arus dan tegangan listrik dari belimbing wuluh yang memiliki pH rendah yaitu 1,6 (asam kuat). Pada pasangan elektroda tembaga-seng dihasilkan tegangan yang lebih tinggi dibandingkan pasangan elektroda lain yaitu sebesar 3 volt dan kuat arus 0,6 A dengan hambatan 0,5 ohm, sedangkan besar tegangan yang paling kecil adalah pasangan elektroda tembaga-timah yaitu 1,5 volt dan arus sebesar 0,3 ampere.

### **2.10.2 Perbedaan dari Penelitian Sebelumnya**

Perbedaan dari penelitian sebelumnya adalah desain prototipe biobaterai terdiri atas 6 pasang elektroda Cu-Zn yang disusun secara seri. Setiap sel akrilik terdapat sekat (pembatas) dengan jarak per sel biobaterai adalah 2 cm. Semakin jauh jarak antar elektroda maka kuat arus dan tegangan listrik yang dihasilkan semakin kecil (Jauharah, 2013). Penelitian ini menggunakan dua perlakuan yaitu larutan sari nenas segar dan larutan sari nenas yang difermentasikan selama 3, 5, 7, 9 dan 11 hari. Dengan melakukan fermentasi, maka keasaman dari nenas akan bertambah sehingga nilai pH akan semakin kecil. Selain itu, biobaterai ini divariasikan volume larutan elektrolit yaitu 50, 100, 150, 200, 250 ml. Setelah desain prototipe dirangkai, dihubungkan dengan multimeter digital untuk dibaca

nilai arus listrik, tegangan listrik serta dihubungkan dengan beban berupa lampu LED merah dengan spesifikasi tegangan sebesar (1,8-2,1 Volt). Penyalaan lampu LED dilakukan selama 2 jam sekaligus mengamati penurunan tegangan setiap 20 menit. Pada elektroda Cu dan Zn, ditimbang massa awal dan massa akhir setelah reaksi. Setelah pengukuran selesai dilakukan, selanjutnya dibuat tabel dan dianalisis dengan grafik Microsoft Excel 2007.

### **2.11 Hipotesis Penelitian**

Dari rumusan masalah yang dikemukakan di atas, maka hipotesis dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Terdapat pengaruh lama waktu fermentasi sari nenas terhadap tegangan, arus dan daya listrik yang dihasilkan biobaterai.
2. Terdapat pengaruh penambahan volume pada larutan sari nenas segar dan larutan sari nenas fermentasi terhadap tegangan, arus dan daya listrik yang dihasilkan biobaterai.
3. Setiap sampel dapat menunjukkan penyalaan lampu LED merah selama 2 jam dan massa hasil reduksi-oksidasi pada lempeng Cu akan bertambah dan lempeng Zn akan berkurang.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

Penelitian ini merupakan jenis penelitian yang menggunakan metode eksperimen dan kuantitatif. Dalam hal ini peneliti berinovasi dalam bidang energi baru-terbarukan dengan memanfaatkan sari nenas sebagai energi alternatif biobaterai seperti yang dikemukakan pada judul di atas yaitu “Analisis Kelistrikan Sari Buah Nenas (*Ananas comosus*) Sebagai Energi Alternatif Biobaterai.”

#### **3.1 Lokasi dan Waktu dan Penelitian**

##### **3.1.1 Lokasi Penelitian**

Tahap persiapan bahan dan pengujian kelistrikan biobaterai dari kulit nanas dilakukan di Laboratorium Fisika Dasar Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan yang berada di jalan IAIN No.1 Gaharu, Kec. Medan Timur, Kota Medan, Sumatera Utara 20235.

##### **3.1.2 Waktu Penelitian**

Waktu pelaksanaan penelitian terkait analisis kelistrikan biobaterai dengan pemanfaatan sari nenas dilaksanakan pada bulan September 2020.

#### **3.2 Alat dan Bahan**

##### **3.2.1 Alat Penelitian**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Gelas ukur plastik ukuran 500 ml digunakan untuk mengukur volume cairan.
2. Multimeter digital untuk mengukur arus dan tegangan dari biobaterai.
3. Kabel dan penjepit buaya untuk menghubungkan rangkaian.
4. pH meter untuk mengukur kadar keasaman dari sari nenas segar dan fermentasi.
5. Toples plastik sebagai wadah larutan sari nenas yang difermentasikan.

6. Wadah Akrilik dilengkapi sekat (separator) sebagai wadah prototipe biobaterai.
7. Blender untuk menghaluskan buah nenas.
8. Pisau untuk memotong buah nenas.
9. Saringan untuk menyaring buah nenas agar diperoleh sari nenas.
10. Stopwatch untuk mengukur kemampuan biobaterai menyalakan lampu LED selama 2 jam.
11. Neraca Digital untuk menimbang massa elektroda dan menimbang massa ragi.
12. Penggaris untuk mengukur panjang dan tinggi pelat Cu dan Zn yang digunakan.

### **3.2.2 Bahan Penelitian**

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Larutan sari nenas sebagai cairan elektrolit biobaterai.
2. Pelat logam Cu (Tembaga) dan Zn (Seng) sebagai elektroda di mana Cu sebagai Katoda dan Zn sebagai Anoda.
3. Lampu LED merah sebagai indikator pengujian lama waktu penyalan dari biobaterai.
4. Ragi untuk membantu proses fermentasi larutan sari nenas.
5. Kertas label untuk memberi penomoran atau melabeli sampel uji.

### **3.3 Variabel Penelitian**

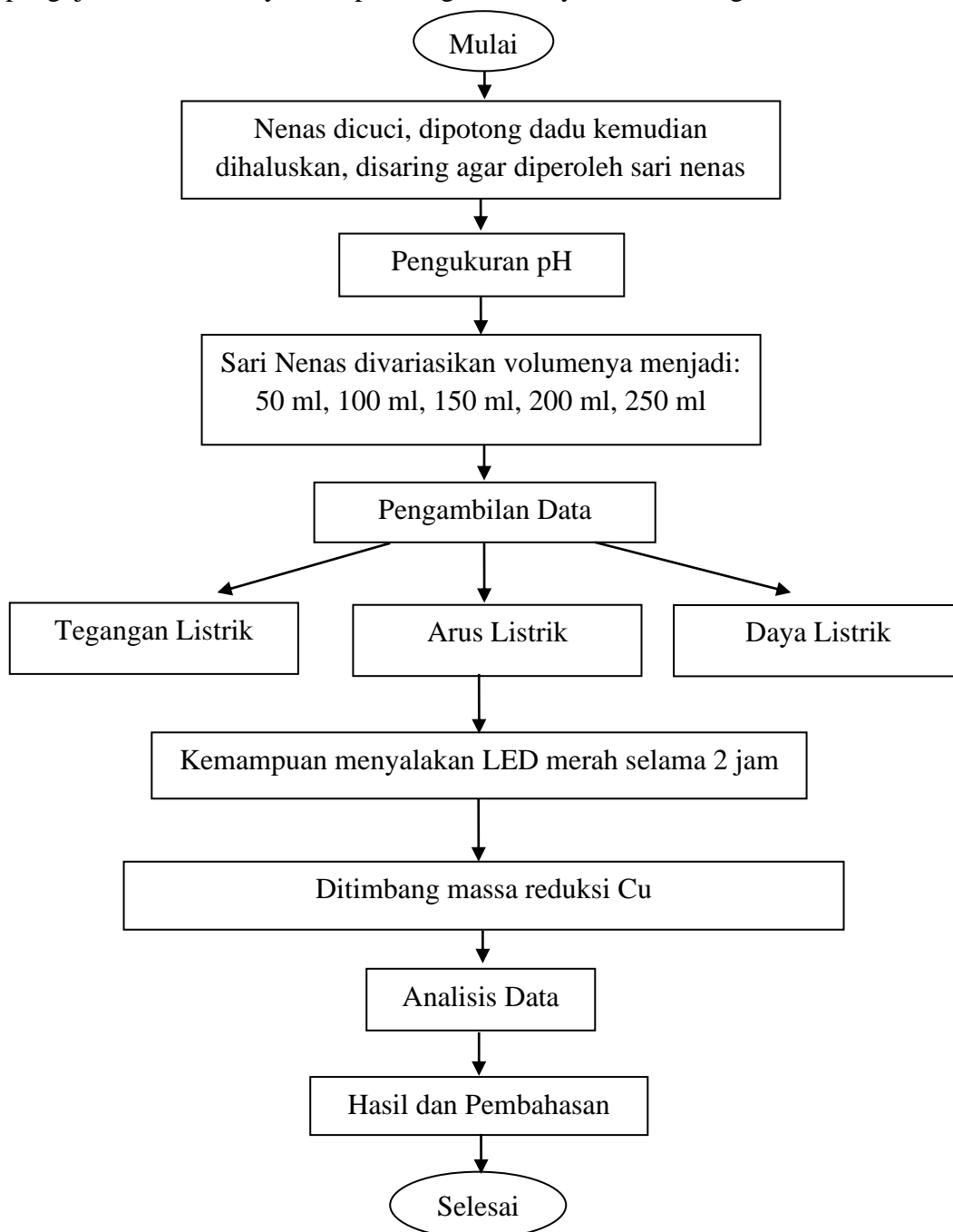
Adapun variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Variabel Bebas: Volume larutan elektrolit dan lama waktu fermentasi.
2. Variabel Terikat: Tegangan, arus, daya listrik biobaterai.
3. Variabel Kontrol: Suhu dan kelembaban dari larutan sari nenas selama fermentasi dianggap sama, elektroda yang digunakan Cu dan Zn dengan ketebalan yang sama yaitu 0,2 mm.

### 3.4 Diagram Alir Penelitian

#### 3.4.1 Pembuatan dan Pengujian Biobaterai dengan Larutan Sari Nanas Segar

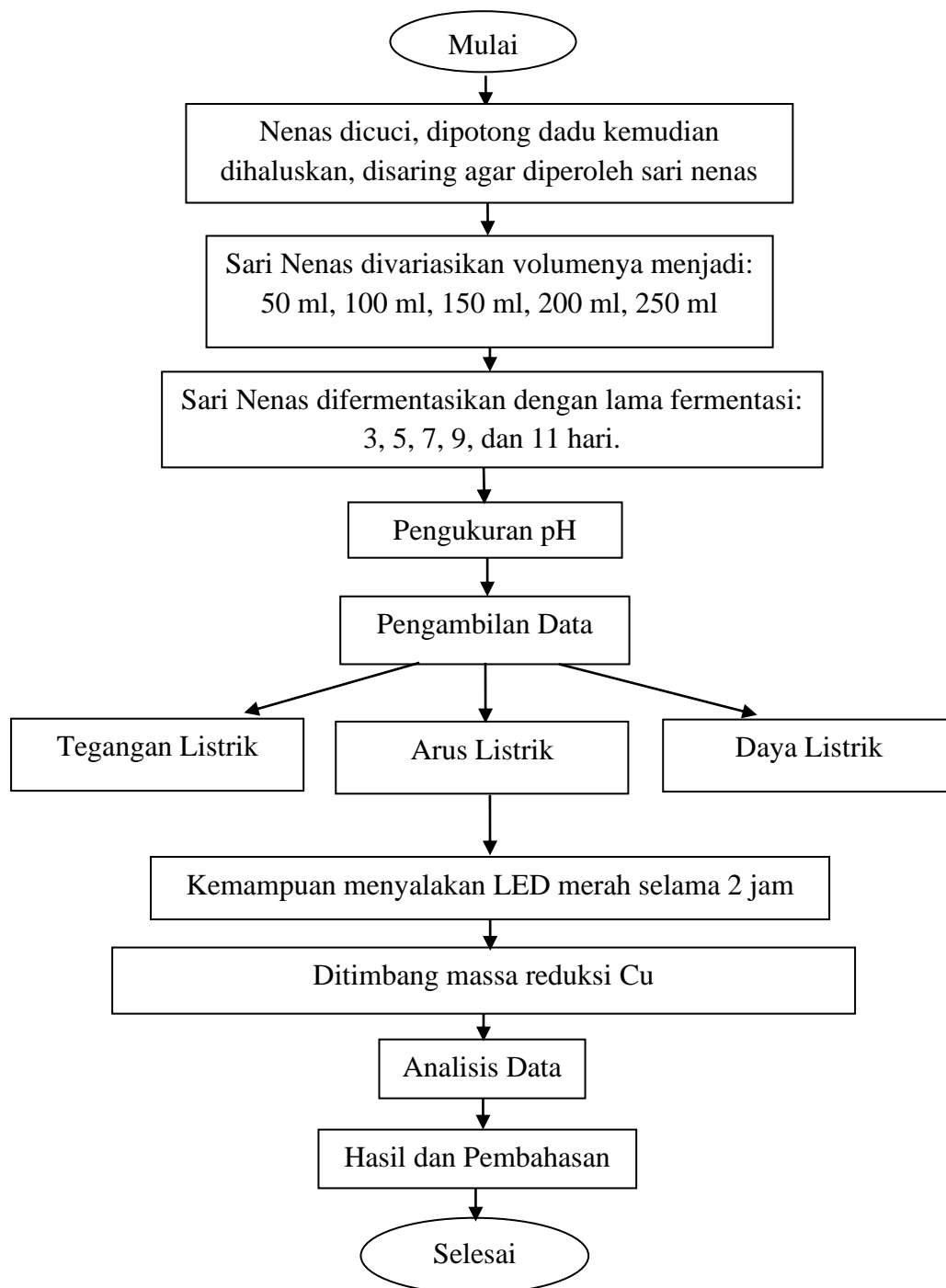
Setelah pembuatan prototipe biobaterai selesai, selanjutnya dilakukan pembuatan larutan sari nanas segar sebagai elektrolit biobaterai dan dilakukan pengujian kelistrikannya. Adapun diagram alirnya adalah sebagai berikut:



**Gambar 3.1 Diagram Alir Pembuatan dan Pengujian Biobaterai Larutan Sari Nanas Segar**

### 3.4.2 Pembuatan dan Pengujian Biobaterai dengan Larutan Sari Nenas Fermentasi

Setelah pembuatan prototipe biobaterai selesai, selanjutnya dilakukan pembuatan larutan sari nenas segar sebagai elektrolit biobaterai dan dilakukan pengujian kelistrikannya. Adapun diagram alirnya adalah sebagai berikut:



**Gambar 3.2 Diagram Alir Pembuatan dan Pengujian Biobaterai Larutan Sari Nenas Fermentasi**



### 3.5 Prosedur Penelitian

#### 3.5.1 Tahap Persiapan

Beberapa hal yang perlu disiapkan sebelum melakukan penelitian ini adalah:

##### 1. Pemilihan jenis elektroda

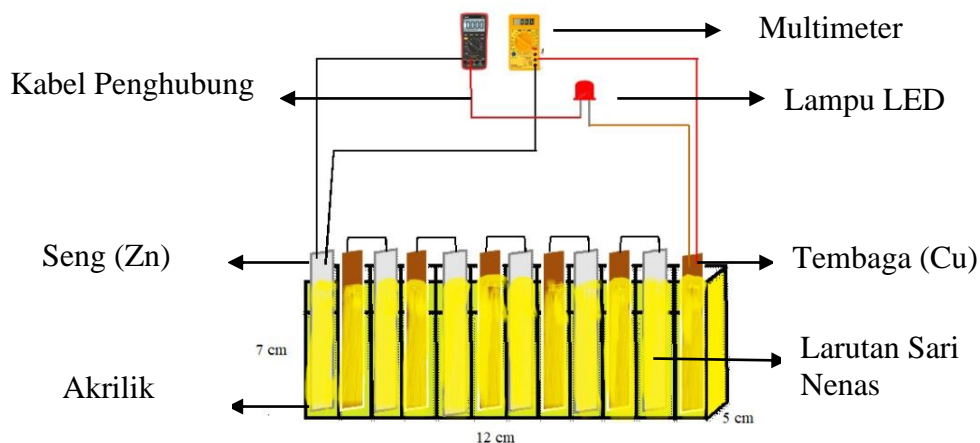
Elektroda yang digunakan dalam penelitian ini adalah Cu (tembaga) sebagai katoda (+) dan Zn (seng) sebagai anoda (-) dipotong dengan ukuran 4,5 cm x 8 cm.

##### 2. Persiapan sari nanas

Buah nanas dikuliti, dicuci bersih dan dipotong dadu kemudian dihaluskan dengan blender. Setelah itu, disaring agar diperoleh sari nanas. Nenas dimasukkan ke dalam wadah dan dipisahkan menjadi larutan sari nanas segar dan larutan sari nanas fermentasi. Larutan sari nanas fermentasi ditambah ragi 5 gram kemudian dibagi volume menjadi 50, 100, 150, 200, dan 250 ml, dan didiamkan selama waktu fermentasi yaitu 3, 5, 7, 9, dan 11 hari. Larutan sari nanas segar divariasikan volume tanpa penambahan ragi. Diberi label untuk masing-masing sampel larutan.

##### 3. Desain Prototipe biobaterai

Wadah yang digunakan dalam percobaan ini adalah akrilik dengan ukuran (12 x 5 x 7) cm, terdapat 6 sel pada biobaterai yang terdiri atas 6 pasang elektroda (Cu-Zn) yang disusun secara seri kemudian dihubungkan dengan multimeter dan juga lampu LED. Terdapat sekat pada wadah akrilik dengan jarak 2 cm.



**Gambar 3.3 Desain Tunggal Prototipe Biobaterai**

### 3.5.2 Tahap Pengambilan Data

Setelah tahap persiapan selesai dilakukan, selanjutnya peneliti melakukan tahap pengambilan data yang meliputi:

1. Pengukuran pH larutan

Dengan variasi lama waktu fermentasi, larutan sari nenas dapat bertambah keasamannya. Hal ini dapat diukur tingkat keasamannya dengan pH meter. Semakin kecil nilai pH maka semakin besar tegangan, arus, dan daya listrik yang dihasilkan dari biobaterai.

2. Pengukuran tegangan, arus, dan daya listrik

Larutan sari nenas yang menjadi elektrolit biobaterai diberi dua perlakuan yaitu dalam keadaan segar dan fermentasi. Masing-masing divariasikan volumenya menjadi 50, 100, 150, 200, dan 250 ml. Semakin banyak pelat elektroda yang tercelup oleh larutan elektrolit akan memudahkan transfer elektron sehingga tegangan dan arus dapat dihasilkan. Pengukuran arus dan tegangan listrik menggunakan multimeter digital.

3. Pengukuran kemampuan biobaterai menyalakan LED merah

Pemberian beban berupa lampu LED merah pada setiap sampel biobaterai selama 2 jam. Kemudian diukur penurunan tegangan setiap 20 menit sebagai akibat pemberian beban lampu. Cu sebagai kutub positif dan Zn sebagai kutub negatif.

4. Pengukuran massa elektroda Cu dan Zn setelah reaksi

Semakin lama waktu penyalaan lampu dari biobaterai maka pada elektroda Cu dan Zn terjadi perubahan massa logam sebagai akibat interaksi dengan cairan elektrolit yang asam. Dibandingkan massa awal sebelum digunakan dengan sesudah digunakan dari elektroda dan ditimbang dengan neraca digital.

### 3.5.3 Tahap Analisis Data

Dalam penelitian ini akan dihasilkan beberapa data seperti tabel hasil pengamatan besaran listrik pada biobaterai larutan sari nenas segar dan larutan sari nenas fermentasi, tabel penurunan tegangan pada biobaterai larutan sari nenas

segar dan larutan sari nenas fermentasi, tabel perubahan massa elektroda pada biobaterai larutan sari nenas segar dan larutan sari nenas fermentasi. Dari tabel tersebut dapat dibuat grafik dengan Microsoft Excel 2007 kemudian dianalisis.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari penelitian yang telah dilakukan diperoleh hasil pengamatan terhadap perlakuan larutan sari nenas segar dan fermentasi. Hasil pengamatan tersebut berupa nilai tegangan listrik, arus listrik, daya listrik, massa tembaga sebelum dan sesudah reaksi, penurunan tegangan akibat penyalaan lampu LED merah selama 2 jam.

#### 4.1 Hasil Penelitian

##### 4.1.1 Larutan Sari Nenas Segar

Setelah pembuatan biobaterai larutan sari nenas segar selesai, selanjutnya dilakukan pengamatan terhadap kelistrikannya. Adapun hasil pengamatan tersebut disajikan dalam tabel berikut.

**Tabel 4.1 Hasil Pengamatan Besaran Listrik pada Biobaterai Larutan Sari Nenas Segar**

pH	Volume Cairan (ml)	Tegangan Listrik (V)	Arus Listrik (mA)	Daya Listrik (mW)
3,8	50	1,92	0,317	0,609
	100	3,17	0,592	1,877
	150	3,24	0,887	2,874
	200	3,97	0,912	3,621
	250	4,52	1,211	5,474

Pada tabel 4.1 di atas menerangkan hasil pengamatan besaran listrik dari sampel biobaterai larutan sari nenas segar di mana tingkat keasaman dari larutan sebesar 3,8. Pada volume 50 ml, nilai tegangan listrik yang dihasilkan yaitu 1,92 Volt sedangkan arus listriknya sebesar 0,317 mA. Dari volume tersebut daya listrik yang dihasilkan sebesar 0,609 mW. Untuk volume 100 ml, diperoleh nilai tegangan listrik, arus dan daya listrik berturut-turut sebesar 3,17 V; 0,592 mA; dan 1,211 mW, dan seterusnya.

Setelah diperoleh nilai tegangan listrik dari sampel biobaterai larutan sari nenas segar yang diukur dengan multimeter digital, selanjutnya pada tabel 4.2 disajikan penurunan tegangan yang terjadi pada saat penyalaan lampu LED merah

selama 2 jam. Pada tabel 4.2, penurunan tegangan yang terjadi diamati setiap 20 menit sekali pada setiap variasi volume biobaterai. Adapun hasil pengamatannya, dapat disajikan ke dalam tabel di bawah ini.

**Tabel 4.2 Penurunan Tegangan pada Biobaterai Larutan Sari Nenas Segar dengan LED Merah Selama 2 Jam**

	Waktu (menit)							Volume (ml)
	0	20	40	60	80	100	120	
<b>Tegangan (Volt)</b>	1,68	1,66	1,66	1,65	1,65	1,64	1,63	50
	1,71	1,70	1,69	1,68	1,67	1,65	1,65	100
	1,73	1,73	1,72	1,72	1,72	1,71	1,71	150
	1,74	1,73	1,72	1,71	1,70	1,69	1,69	200
	1,75	1,74	1,71	1,70	1,69	1,69	1,68	250

Tabel di atas menerangkan penurunan tegangan yang terjadi pada sampel biobaterai larutan sari nenas segar saat diberi LED merah selama 2 jam. Pada volume larutan 50 ml, tegangan listrik yang diperoleh pada menit pertama sebesar 1,68 Volt, sedangkan pada menit ke-20 sebesar 1,66 Volt, selanjutnya pada menit ke-40 diperoleh nilai tegangan sebesar 1,66 Volt, pada saat menit ke-60 nilai tegangan yang diperoleh sebesar 1,65 Volt, pada menit ke-80 nilai tegangan yang diperoleh sebesar 1,65 Volt, pada menit ke-100 nilai tegangan yang diperoleh sebesar 1,64 Volt, dan pada menit ke-120 nilai tegangan yang diperoleh sebesar 1,63 Volt, dan seterusnya.

Biobaterai larutan sari nenas segar menggunakan tembaga dan seng sebagai elektrodanya. Setelah reaksi berlangsung, tembaga (Cu) mengalami reduksi sedangkan seng (Zn) mengalami oksidasi. Perubahan massa tembaga setelah direduksi dapat dilihat dalam tabel berikut.

**Tabel 4.3 Perubahan Massa Elektroda Cu pada Biobaterai Larutan Sari Nenas Segar**

Massa Tembaga (Cu)		
<b>m<sub>1</sub>(gram)</b>	<b>m<sub>2</sub> (gram)</b>	<b><math>\Delta m</math> (gram)</b>
28,46	28,51	0,05
28,46	28,99	0,53
28,46	29,00	0,54
28,46	28,90	0,44
28,46	29,01	0,55

Tabel di atas menerangkan perubahan massa dari tembaga setelah terjadi reaksi reduksi. Massa mula-mula dari tembaga adalah sebesar 28,46 gram. Setelah Cu digunakan untuk biobaterai larutan 50 ml, massa Cu menjadi 28,51 gram di mana pertambahan massa yang terjadi yaitu sebesar 0,05 gram, dan seterusnya.

#### 4.1.2 Larutan Sari Nenas Fermentasi

Setelah pembuatan biobaterai larutan sari nenas fermentasi selesai, selanjutnya dilakukan pengamatan terhadap kelistrikannya. Adapun hasil pengamatan tersebut disajikan dalam tabel berikut.

**Tabel 4.4 Hasil Pengamatan Besaran Listrik dari Biobaterai Larutan Sari Nenas Fermentasi**

Waktu	pH	Volume Cairan (ml)	Tegangan Listrik (V)	Arus Listrik (mA)	Daya Listrik (mW)
3 hari	3,4	50	1,95	0,441	0,859
		100	4,20	8,54	35,78
		150	4,15	8,08	35,33
		200	4,62	13,11	60,57
		250	4,58	11,82	66,78
5 hari	3,3	50	0	0	0
		100	2,55	3,36	8,57
		150	3,14	6,57	20,63
		200	4,41	13,24	58,39
		250	4,23	9,64	40,78
7 hari	3,2	50	0	0	0
		100	2,32	4,17	9,68
		150	3,93	8,02	31,52
		200	4,25	7,67	32,60
		250	4,53	4,44	20,11
9 hari	3,1	50	0	0	0
		100	3,67	4,70	17,25
		150	4,31	7,82	33,70
		200	4,62	9,43	43,57
		250	4,79	11,99	57,43
11 hari	3,1	50	0	0	0
		100	3,50	7,19	25,17
		150	4,78	9,65	46,13
		200	4,84	14,58	70,57
		250	4,76	12,69	60,40

Tabel di atas menerangkan hasil pengamatan besaran listrik dari sampel biobaterai larutan sari nenas selama fermentasi. Pada fermentasi 3 hari, larutan

sari nenas memiliki tingkat keasaman sebesar 3,4. Di mana dengan volume 50 ml, nilai tegangan, arus, dan daya listrik yang dihasilkan berturut-turut sebesar 1,95 Volt; 0,441 mA; dan 0,859 mW, dan seterusnya. Selanjutnya dengan volume yang sama, pada saat larutan difermentasikan selama 5 hari, tingkat keasamannya menjadi 3,3. Nilai tegangan, arus dan daya listrik tidak dapat diukur.

Setelah diperoleh nilai tegangan listrik dari sampel biobaterai larutan sari nenas fermentasi yang diukur dengan multimeter digital, selanjutnya pada tabel 4.5 disajikan penurunan tegangan yang terjadi pada saat penyalaan lampu LED merah selama 2 jam. Pada tabel tersebut, penurunan tegangan yang terjadi diamati setiap 20 menit sekali pada setiap variasi volume biobaterai. Adapun hasil pengamatannya, dapat disajikan ke dalam tabel di bawah ini.

**Tabel 4.5 Penurunan Tegangan pada Biobaterai Larutan Sari Nenas Fermentasi dengan LED Merah Selama 2 Jam**

Waktu	Waktu (menit)							Volume (ml)
	0	20	40	60	80	100	120	
3 hari	1,65	1,63	1,62	1,61	1,61	1,60	1,60	50
	1,67	1,66	1,66	1,65	1,65	1,64	1,63	100
	1,72	1,72	1,71	1,71	1,70	1,69	1,69	150
	1,73	1,72	1,71	1,71	1,71	1,70	1,70	200
	1,72	1,72	1,71	1,69	1,68	1,69	1,69	250
5 hari	-	-	-	-	-	-	-	50
	1,68	1,67	1,65	1,65	1,64	1,63	1,63	100
	1,69	1,69	1,68	1,68	1,67	1,67	1,66	150
	1,71	1,70	1,70	1,69	1,69	1,68	1,68	200
	1,70	1,69	1,69	1,69	1,68	1,68	1,69	250
7 hari	-	-	-	-	-	-	-	50
	1,69	1,69	1,68	1,68	1,67	1,67	1,66	100
	1,70	1,69	1,68	1,68	1,69	1,68	1,68	150
	1,72	1,72	1,71	1,70	1,70	1,69	1,69	200
	1,73	1,72	1,71	1,70	1,70	1,69	1,69	250
9 hari	-	-	-	-	-	-	-	50
	1,68	1,67	1,66	1,67	1,66	1,65	1,64	100
	1,70	1,69	1,68	1,67	1,66	1,66	1,64	150
	1,72	1,72	1,71	1,70	1,70	1,69	1,69	200
	1,73	1,72	1,72	1,71	1,71	1,70	1,70	250
11 hari	-	-	-	-	-	-	-	50
	1,73	1,72	1,71	1,70	1,69	1,69	1,69	100
	1,72	1,71	1,69	1,68	1,67	1,66	1,66	150
	1,75	1,75	1,73	1,73	1,72	1,72	1,72	200
	1,74	1,73	1,72	1,71	1,71	1,71	1,71	250

Tabel di atas menerangkan penurunan tegangan yang terjadi pada sampel biobaterai larutan sari nenas fermentasi saat diberi LED merah selama 2 jam. Biobaterai dengan lama fermentasi 3 hari, pada volume larutan 50 ml, tegangan listrik yang diperoleh pada menit pertama sebesar 1,65 Volt, sedangkan pada menit ke-20 sebesar 1,63 Volt, selanjutnya pada menit ke-40 diperoleh nilai tegangan sebesar 1,62 Volt, pada menit ke-60 nilai tegangan yang diperoleh sebesar 1,61 Volt, pada menit ke-80 nilai tegangan yang diperoleh sebesar 1,61 Volt, pada menit ke-100 nilai tegangan yang diperoleh sebesar 1,60 Volt, dan pada menit ke-120 nilai tegangan yang diperoleh sebesar 1,60 Volt, dan seterusnya. Karena pada biobaterai yang difermentasikan selama 5 hari untuk volume 50 ml, nilai tegangan yaitu 0 Volt, maka tidak terjadi penurunan tegangan.

Biobaterai larutan sari nenas fermentasi menggunakan elektroda tembaga (reaksi reduksi) dan seng (mengalami oksidasi). Perubahan massa tembaga setelah direduksi dapat dilihat dalam tabel berikut.

**Tabel 4.6 Perubahan Massa Elektroda Cu pada Biobaterai Larutan Sari Nenas Fermentasi**

Waktu	Massa Tembaga (Cu)		
	$m_1$ (gram)	$m_2$ (gram)	$\Delta m$ (gram)
3 hari	28,46	28,63	0,17
	28,46	28,68	0,53
	28,46	28,99	0,54
	28,46	28,82	0,44
	28,46	29,00	0,55
5 hari	28,46	0	28,46
	28,46	28,63	0,17
	28,46	28,73	0,27
	28,46	28,82	0,36
	28,46	29,63	1,17
7 hari	28,46	0	28,46
	28,46	28,51	0,05
	28,46	28,73	0,27
	28,46	28,66	0,2
	28,46	28,59	0,13
9 hari	28,46	0	28,46
	28,46	29,40	0,94
	28,46	28,93	0,47
	28,46	29,35	0,89
	28,46	28,63	0,17
11 hari	28,46	0	28,46
	28,46	28,51	0,05



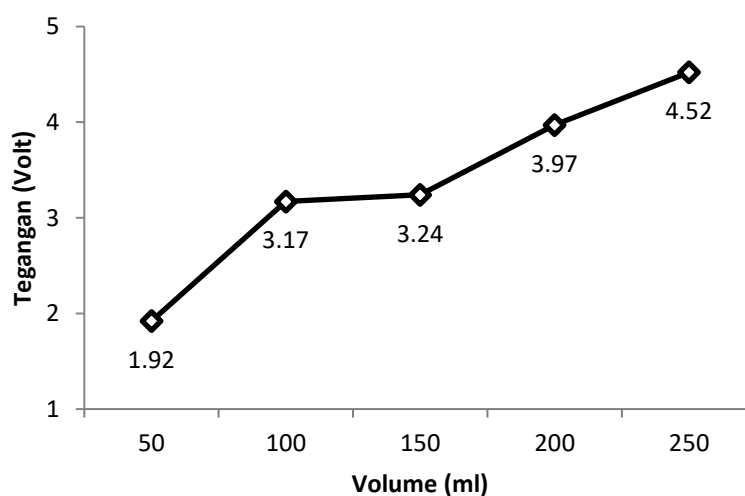
	28,46	28,75	0,29
	28,46	28,62	0,16
	28,46	28,50	0,04

Tabel di atas menerangkan perubahan massa dari tembaga setelah terjadi reaksi reduksi. Massa mula-mula dari tembaga adalah sebesar 28,46 gram. Setelah Cu digunakan untuk biobaterai larutan 50 ml pada saat fermentasi selama 3 hari, massa Cu menjadi 28,63 gram di mana pertambahan massa yang terjadi yaitu sebesar 0,17 gram, dan seterusnya.

## 4.2 Pembahasan Penelitian

### 4.2.1 Pengaruh Volume Terhadap Arus, Tegangan, dan Daya Listrik

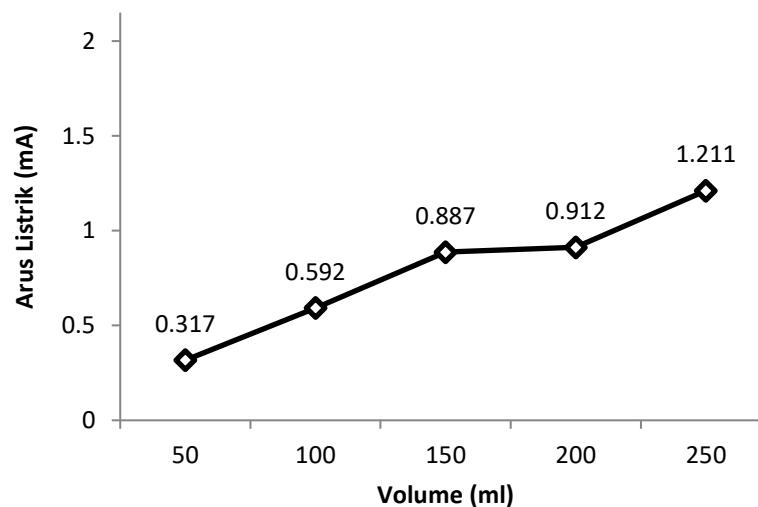
Berdasarkan tabel 4.1, pengaruh penambahan volume terhadap arus dan tegangan dari biobaterai larutan sari nenas segar dapat disajikan dalam grafik berikut.



**Gambar 4.1 Grafik Pengaruh Variasi Penambahan Volume Terhadap Tegangan Listrik Biobaterai Larutan Sari Nenas Segar**

Hasil pengukuran tingkat keasaman dari biobaterai larutan sari nenas adalah sebesar 3,8. Berdasarkan grafik, nilai arus dan tegangan yang diperoleh adalah stabil. Larutan sari nenas segar dengan variasi penambahan volume menunjukkan peningkatan terhadap nilai tegangan dan arus listrik. Dalam hal ini, nilai tegangan listrik berbanding lurus dengan arus listrik yang dihasilkan. Semakin banyak volume larutan yang digunakan maka akan semakin besar nilai tegangan dan arus listrik yang dihasilkan biobaterai.

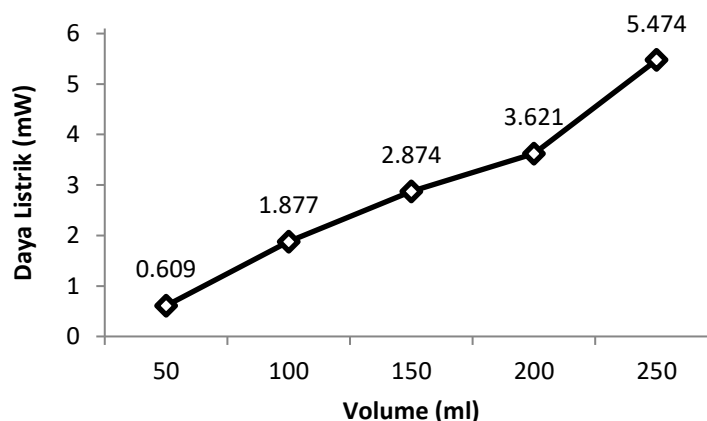
Semakin banyak volume larutan maka semakin besar luas permukaan elektroda yang tercelup sehingga konduktivitas listriknya meningkat. Semakin besar luas permukaan yang tercelup ke dalam larutan maka semakin tinggi nilai tegangan listrik yang dihasilkan karena semakin banyak transfer elektron yang terjadi. Nilai tegangan listrik maksimum pada volume 250 ml yaitu 4,52 Volt. Dengan demikian, semakin banyak volume larutan yang digunakan maka semakin besar tegangan listriknya.



**Gambar 4.2 Grafik Pengaruh Variasi Penambahan Volume Terhadap Arus Listrik Biobaterai Larutan Sari Nenas Segar**

Biobaterai yang dirangkai secara seri dapat meningkatkan tegangan listrik. Pada saat biobaterai dengan sepasang elektroda dirangkai menghasilkan tegangan sebesar 0,920 Volt dan arus listriknya 1,839 mA. Namun, pada saat biobaterai dirangkai secara seri dengan 6 pasang elektroda maka tegangannya meningkat sedangkan arus listriknya tidak terlalu mencolok. Hal ini dikarenakan biobaterai diberi pembebanan berupa lampu LED merah.

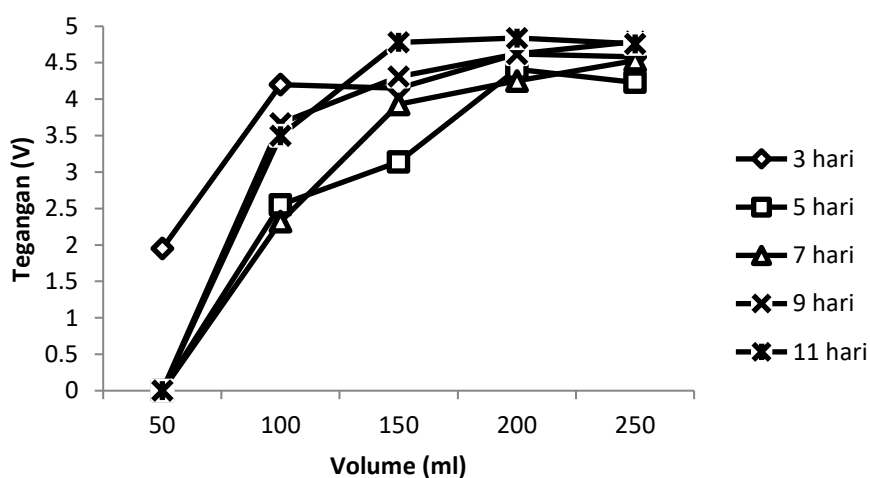
LED merah memiliki *dark current* terbesar yaitu 16,6  $\mu\text{A}$  sedangkan voltasenya 1,05 volt. *Dark current* itu sendiri menyatakan besaran fisis suatu devais elektronik yaitu besar arus listrik yang terukur ketika belum menyala. Kehilangan energi terbesar pada LED merah karena hasil perkalian nilai *dark current* dan voltasenya tinggi. LED merah akan memiliki suhu tinggi saat dioperasikan (Djamalu, 2019). Nilai arus listrik maksimum pada volume 250 ml yaitu sebesar 1,211 mA.



**Gambar 4.3 Grafik Pengaruh Variasi Penambahan Volume Terhadap Daya Listrik Biobaterai Larutan Sari Nenas Segar**

Pada volume 50 ml, tegangan listrik yang dihasilkan sebesar 1,92 V sedangkan arus listrik yang dihasilkan sebesar 0,317 mA, dengan daya listrik sebesar 0,609 mW. Pada volume tersebut larutan sari nenas tidak dapat menyalakan lampu dikarenakan arusnya sangat kecil. Konduktivitas listriknya rendah karena luas permukaan elektroda yang tercelup ke dalam larutan sedikit. Pada volume larutan sari nenas segar 250 ml menunjukkan nilai maksimum tegangan dan arus listrik yakni sebesar 4,52 V dan 1,211 mA dengan daya listrik sebesar 5,474 mW.

Berdasarkan tabel 4.4, pengaruh penambahan volume terhadap arus, tegangan, dan daya listrik dari biobaterai larutan sari nenas fermentasi dapat disajikan dalam grafik berikut.

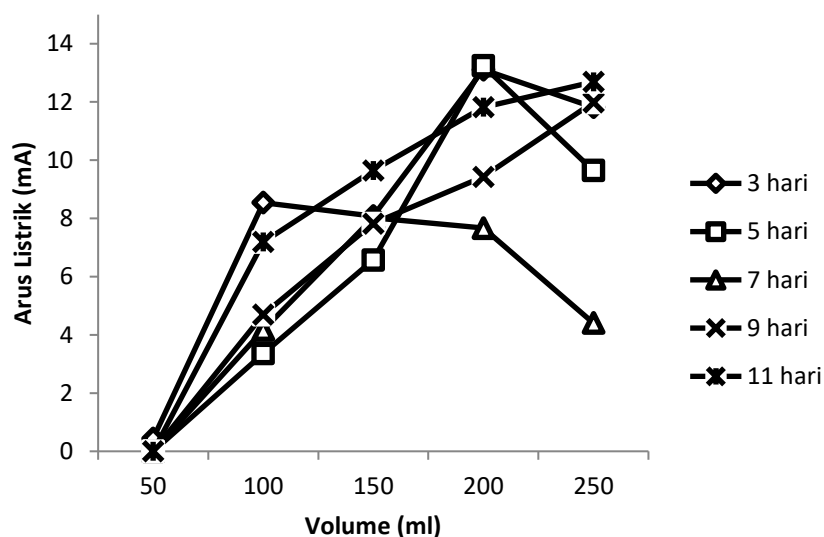


**Gambar 4.4 Grafik Pengaruh Variasi Penambahan Volume Terhadap Tegangan Listrik Biobaterai Larutan Sari Nenas Fermentasi**

Larutan sari nenas yang difermentasikan menghasilkan tingkat keasaman (pH) yang berbeda-beda. Semakin lama waktu fermentasi maka akan semakin tinggi nilai tegangan listrik yang dihasilkan dari biobaterai sari nenas karena nilai pH kecil. Berdasarkan hasil pengamatan, tegangan maksimum berada pada volume 200 ml untuk larutan yang difermentasikan selama 11 hari dengan pH 3,1 yaitu sebesar 4,84 V.

Penambahan ragi pada proses fermentasi membuat tegangan listrik kurang stabil. Penyebabnya adalah setelah larutan diaduk, ragi akan mengendap didasar wadah dan tidak tercampur secara merata membentuk suspensi. Oleh sebab itu, kenaikan tegangan listrik tidak terlalu berpengaruh dengan bertambahnya volume larutan. Selain itu, dengan bertambahnya waktu fermentasi mengaktifkan mikroba lebih banyak sehingga pada larutan akan terjadi penyusutan volume. Terlihat bahwa pada saat fermentasi 5-11 hari volume 50 ml tidak dapat diukur tegangan dan arusnya karena larutan tersebut tidak mencapai 50 ml.

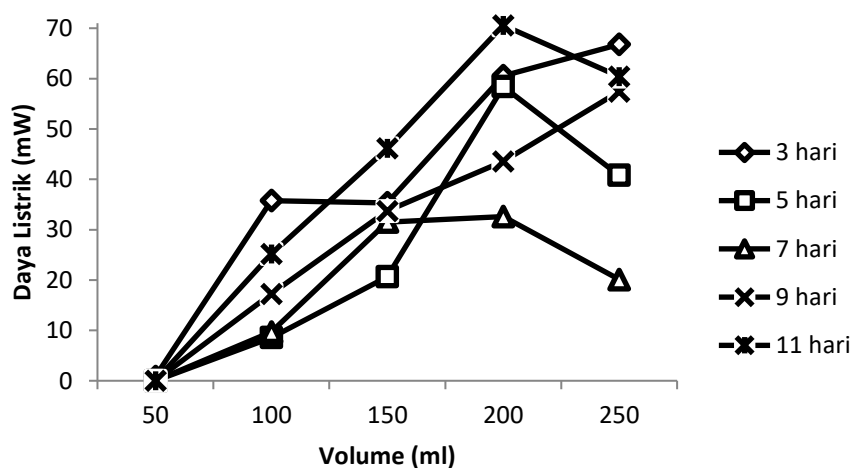
Selama proses fermentasi, kadar alkohol akan meningkat seiring dengan bertambahnya waktu fermentasi (Sutanto, 2013). Kandungan glukosa yang terdapat pada sari buah nenas direduksi menjadi alkohol dan karbon dioksida. Untuk lebih jelasnya dapat dituliskan dengan reaksi:



**Gambar 4.5 Grafik Pengaruh Variasi Penambahan Volume Terhadap Arus Listrik Biobaterai Larutan Sari Nenas Fermentasi**

Selama proses fermentasi, aliran arus listrik kurang stabil dikarenakan adanya endapan ragi. Oleh karenanya, persebaran elektron menjadi tidak merata dalam larutan. Pengukuran arus listrik maksimum pada fermentasi 11 hari pada volume 200 ml yaitu 14,58 mA. Sedangkan arus listrik minimum pada fermentasi 3 hari dengan volume 50 ml, yaitu sebesar 0,441 mA. Arus listrik tersebut tidak cukup untuk menyalakan LED merah.

Pada biobaterai larutan sari nenas fermentasi, pengukuran arus listrik tanpa menggunakan beban lampu. LED memiliki karakteristik yang berbeda-beda menurut warna yang dihasilkan. Semakin tinggi arus yang mengalir pada LED maka semakin terang pula cahaya yang dihasilkan. Besarnya arus yang diperbolehkan adalah 10 mA–20mA. Apabila arus yang dihasilkan lebih dari 20 mA maka LED akan terbakar. Maka untuk menghindari itu digunakan resistor sebagai penghambat arus (Djamalu, 2019). Dalam penelitian ini, hasil pengukuran arus listrik yang diperoleh adalah tidak lebih dari 20 mA dan cukup aman saat diaplikasikan tanpa beban. Pada fermentasi 9 hari, terdapat kestabilan nilai arus dan tegangan listriknya dibuktikan dengan meningkatnya nilai arus dan tegangan listrik seiring dengan bertambahnya volume larutan.



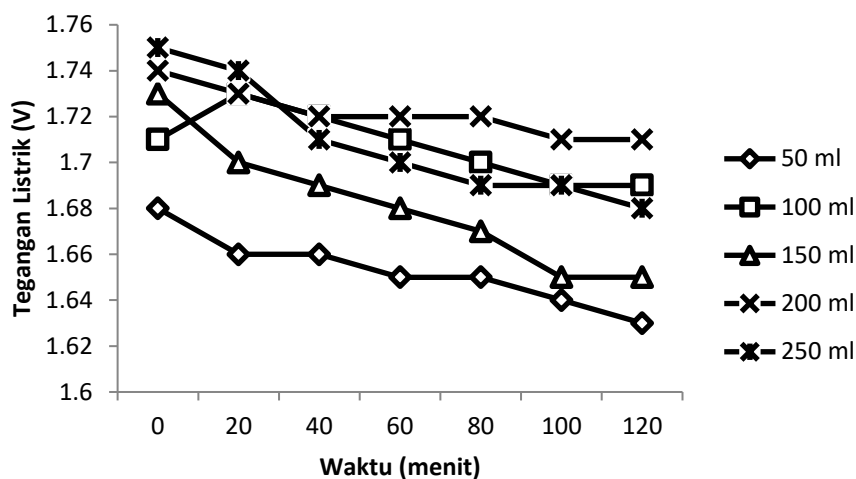
**Gambar 4.6 Grafik Pengaruh Variasi Penambahan Volume Terhadap Daya Listrik Biobaterai Larutan Sari Nenas Fermentasi**

Daya listrik yang dihasilkan merupakan hasil perkalian tegangan dan arus listrik. Semakin besar arus dan tegangan yang dihasilkan, semakin besar pula daya listrik yang dihasilkan. Daya listrik yang besar yaitu pada volume 250 ml saat fermentasi selama 3 hari, sebesar 66,78 mW.

#### 4.2.2 Penurunan Tegangan pada Biobaterai Selama 2 Jam

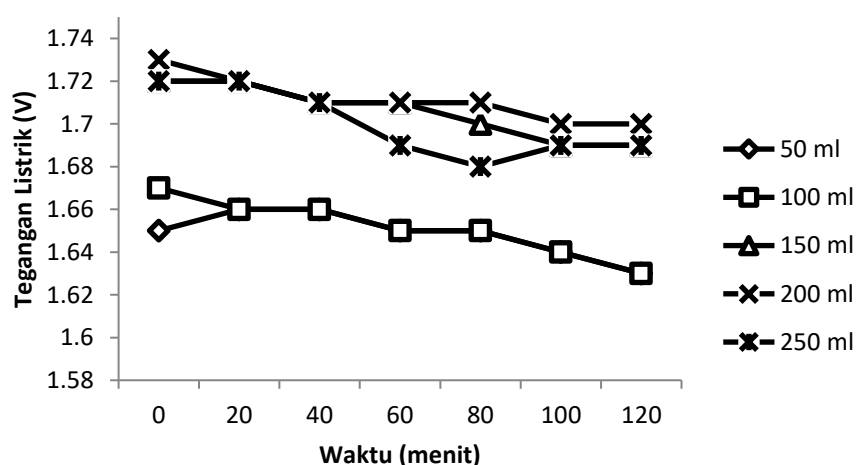
Selama 2 jam penyalaan lampu LED merah, pada biobaterai larutan sari nenas segar dan fermentasi mengalami penurunan tegangan yang diamati setiap 20 menit sekali. Untuk lebih jelasnya dapat disajikan dengan grafik berikut.

Berdasarkan tabel 4.2, penurunan tegangan dari biobaterai larutan sari nenas segar dengan pemberian LED merah selama 2 jam adalah sebagai berikut.

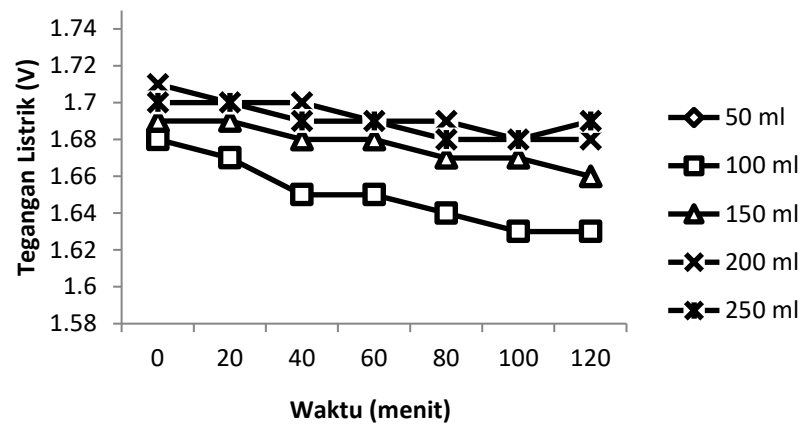


**Gambar 4.7 Penurunan Tegangan pada Biobaterai Larutan Sari Nenas Segar dengan LED Merah Selama 2 Jam**

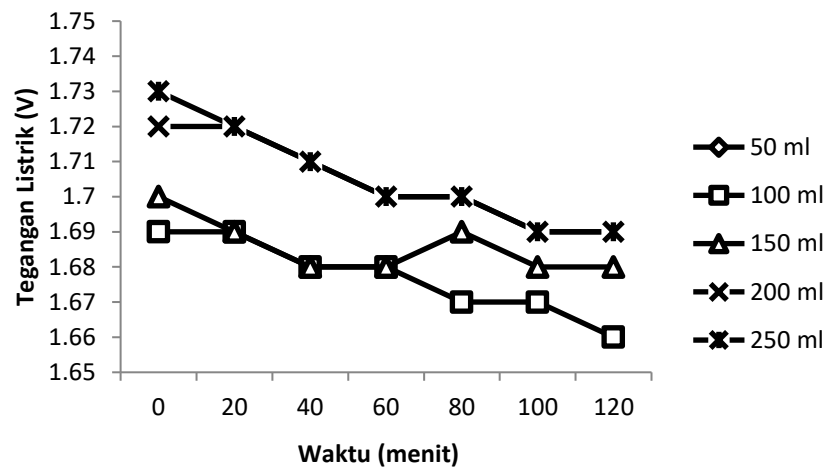
Berdasarkan tabel 4.5, penurunan tegangan dari biobaterai larutan sari nenas fermentasi yang berlangsung selama 3, 5, 7, 9, dan 11 hari dengan pemberian LED merah selama 2 jam adalah sebagai berikut.



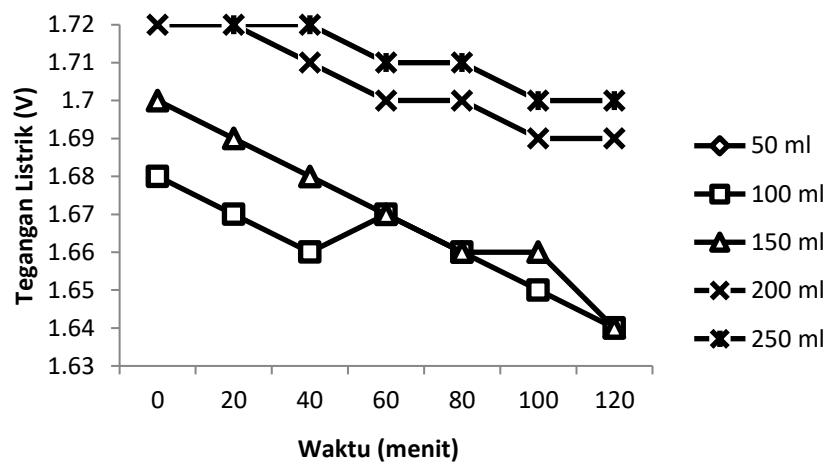
**Gambar 4.8 Penurunan Tegangan pada Biobaterai Larutan Sari Nenas Fermentasi 3 Hari dengan LED Merah Selama 2 Jam**



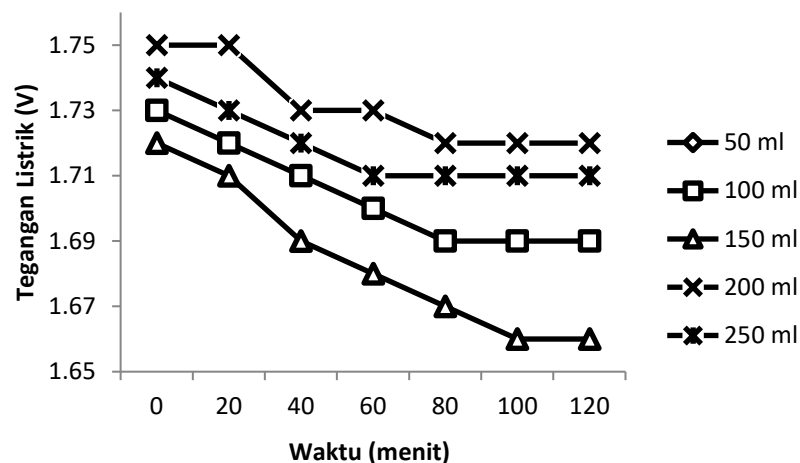
**Gambar 4.9 Penurunan Tegangan pada Biobaterai Larutan Sari Nenas Fermentasi 5 Hari dengan LED Merah Selama 2 Jam**



**Gambar 4.10 Penurunan Tegangan pada Biobaterai Larutan Sari Nenas Fermentasi 7 Hari dengan LED Merah Selama 2 Jam**



**Gambar 4.11 Penurunan Tegangan pada Biobaterai Larutan Sari Nenas Fermentasi 9 Hari dengan LED Merah Selama 2 Jam**



**Gambar 4.12 Penurunan Tegangan pada Biobaterai Larutan Sari Nenas Fermentasi 11 Hari dengan LED Merah Selama 2 Jam**

#### 4.2.3 Perubahan Massa Elektroda Cu pada Biobaterai

Setelah reaksi berlangsung dengan penyalaan lampu selama 2 jam pada sampel biobaterai larutan sari nenas, pada elektroda Cu dan Zn terjadi perubahan massa. Semakin banyak volume larutan yang digunakan maka akan semakin besar pula luas permukaan elektroda tercelup. Dalam hal ini, elektroda Cu bertindak sebagai kutub positif (katoda) akan terjadi peristiwa reaksi reduksi, sedangkan elektroda Zn bertindak sebagai kutub negatif (anoda) akan terjadi peristiwa reaksi oksidasi. Elektron mengalir dari Zn ke Cu sehingga lama kelamaan elektroda Cu akan ditutupi oleh lapisan hasil oksidasi. Elektroda Cu akan menebal atau bertambah massanya karena ditutupi atau dilapisi oleh Zn. Peneliti menggunakan seng Galvalum, sehingga perubahan massa setelah reaksi pada elektroda Zn tidak terlalu nampak.



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Setelah dilakukan penelitian terkait “Analisis Kelistrikan Sari Buah Nenas (*Ananas comosus*) Sebagai Energi Alternatif Biobaterai” diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Semakin lama waktu fermentasi larutan sari nenas maka semakin besar nilai tegangan listriknya. Tegangan listrik maksimum pada fermentasi 11 hari dengan volume 200 ml, yaitu berturut-turut sebesar 4,84 V; 14,58 mA; 70,57 mW.
2. Pada larutan sari nenas segar terdapat pengaruh penambahan volume. Semakin banyak volume yang digunakan maka semakin tinggi nilai tegangan dan arusnya. Nilai tegangan maksimum pada volume 250 ml yaitu 4,52 V; 1,211 mA; 5,474 mW. Sedangkan pada larutan sari nenas fermentasi, tidak terlalu berpengaruh terhadap penambahan volume karena adanya endapan ragi yang mengakibatkan persebaran elektron tidak merata.
3. Selama 2 jam penyalaan lampu LED, pada lempengan Cu terjadi penebalan lempeng hasil oksidasi Zn. Massa akhir dari elektroda Cu bertambah, sedangkan massa akhir dari elektroda Zn tidak berpengaruh, karena menggunakan seng Galvalum.

#### **5.2 Saran**

Adapun hal yang dapat disarankan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Peneliti selanjutnya dapat menambah jumlah sel pada biobaterai agar dapat memperbesar nilai arus dan tegangan listrik.
2. Peneliti selanjutnya hendaknya merangkai biobaterai secara seri dan paralel untuk memperoleh kestabilan arus dan tegangan listrik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aristian, Jovizal. 2016. *Desain dan Aplikasi Sistem Elektrik Berbasis Elektrolit Air Laut Sebagai Sumber Energi Alternatif Berkelanjutan (Sustainable Energy)*. Skripsi. Universitas Lampung.
- Asmarani, Suci. 2017. *Analisis Jeruk dan Kulit Jeruk sebagai Larutan Elektrolit terhadap Kelistrikan Sel Volta*. Skripsi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Lampung.
- Atina. 2015. *Tegangan dan Kuat Arus Listrik dari Sifat Asam Buah* (Vol 12 No. 2). Universitas PGRI Palembang.
- Budiyanto, Eko., dkk. 2016. *Pengaruh Jarak Anoda-Katoda pada Proses Elektroplating Tembaga Terhadap Ketebalan Lapisan dan Efisiensi Katoda Baja AISI 1020*. Jurnal Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Metro. (Vol 5. No 1)
- Djamalu, Ahsanul, dkk. 2019. *Analisis Kelistrikan Kulit Nenas (Ananas comosus L. Merr) Dengan Variasi Waktu Fermentasi Sebagai Larutan Elektrolit Sel Akumulator (Energi Terbarukan)*. Makassar. Universitas Negeri Makassar.
- Fadhillah, Syifa. 2015. *Pembuatan Biomaterial dari Limbah Kulit Pisang (Musa Paradisiaca)*. Prosiding Simposium Nasional Inovasi dan Pembelajaran Sains (SNIPS). ISBN: 978-602-19655-8-0. Bandung.
- Imama, Riva' Atul. 2015. *Energi, Arus dan Tegangan Listrik Bahan Elektrolit Berbentuk Agar-Agar dari Limbah Buah dan Sayuran*. Skripsi. Universitas Jember.
- Jauharah, Wira Dian. 2013. *Analisis Kelistrikan yang Dihasilkan Limbah Buah dan Sayuran Sebagai Energi Alternatif Bio-Baterai*. Skripsi. Universitas Jember.
- Javalin, Trifonia. 2017. *Pemanfaatan Bakteri Asam Laktat dari Fermentasi Nenas (Ananas cosomus L) sebagai Biopreservatif Daging Ayam*. Skripsi. Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Khairiah dan Destini Rita. 2017. *Analisis Pengaruh Massa Ragi Dan Lama Waktu Proses Fermentasi Terhadap Nilai Tegangan Listrik Pasta Limbah Kulit*

*Durian (DURIO ZIBETHINUS)*. Jurnal Ilmu Fisika dan Teknologi, Vol 1 No. 2. ISSN: 2580-989X.

Manggala, Agus, dkk. 2017. *Pengaruh Konsentrasi Ragi Tape Terhadap Voltase dan Lamanya Penyalaan Lampu Yang Dihasilkan Limbah Kulit Pisang Sebagai Alternatif Sumber Energi Listrik*. Jurnal Kinetika Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang.

Siregar, Shinta Marito. 2017. *Pengaruh Bahan Elektroda terhadap Kelistrikan Belimbing Wuluh (Averrhoa blimbi) sebagai Solusi Energi Alternatif Ramah Lingkungan*. Jurnal Penelitian Pendidikan MIPA. Universitas Muslim Nusantara Al-Washliyah. (Vol. 2 No.1)

Sumanzaya, Tri. 2019. *Analisis Karakteristik Onggok Singkong Sebagai Pasta Biobaterai*. Skripsi. Universitas Lampung.

Sutanto, Rudy, dkk. 2013. *Analisa Pengaruh Lama Fermentasi dan Temperatur Distilasi Terhadap Sifat Fisik (Specific Gravity Dan Nilai Kalor) Bioetanol Berbahan Baku Nanas (Ananas comosus)*. Dinamika Teknik Mesin, Volume 3 No. 2 Juli 2013. Universitas Mataram.

Yuanisa, Nuria Awin. 2017. *Pengaruh Konsentrasi Buah Nanas (Ananas cosomus) dan Lama Fermentasi Terhadap Kualitas Kecap Ikan Lemuru (Sardinella longiceps)*. Skripsi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim. Malang.

### Rujukan Online

<https://litequran.net/asy-syuaara> Diakses pada 1 Februari 2020, pukul 07.24 WIB.

Medan

[https://pl.freepik.com/darmowe-wektory/naukowa-skala-ph\\_2588946.htm](https://pl.freepik.com/darmowe-wektory/naukowa-skala-ph_2588946.htm) Diakses pada 1 Februari 2020, pukul 10.02 WIB. Medan.

<https://id.m.wikipedia.org/wiki/Seng> Diakses pada 5 Februari 2020, pukul 13.56 WIB. Medan.

<https://katadata.co.id/febrinaiskana/berita/5f3b8cc71d23c/kenaikan-konsumsi-listrik-didominasi-rumah-tangga-industri-turun> Diakses pada 29 Oktober 2020, pukul 07.38 WIB. Medan.

## LAMPIRAN–LAMPIRAN

### Lampiran 1: Analisis dan Perhitungan

#### 1.1 Perhitungan daya listrik pada biobaterai larutan sari nenas segar

- |   |   |
|---|---|
| - Volume 50 ml                            | - Volume 150 ml                           |
| $P = V.I$                                 | $P = V.I$                                 |
| $P = (1,92 \text{ V}) (0,317 \text{ mA})$ | $P = (3,24 \text{ V}) (0,887 \text{ mA})$ |
| $P = 0,609 \text{ mW}$                    | $P = 2,874 \text{ mW}$                    |
| - Volume 100 ml                           | - Volume 200 ml                           |
| $P = V.I$                                 | $P = V.I$                                 |
| $P = (3,17 \text{ V}) (0,592 \text{ mA})$ | $P = (3,97 \text{ V})(0,912 \text{ mA})$  |
| $P = 1,877 \text{ mW}$                    | $P = 3,621 \text{ mW}$                    |
| - Volume 250 ml                           |   |
| $P = V.I$                                 |   |
| $P = (4,52 \text{ V}) (1,211 \text{ mA})$ |   |
| $P = 5,474 \text{ mW}$                    |   |

#### 1.2 Perhitungan massa elektroda Cu pada biobaterai larutan sari nenas segar

- |  |  |
|--|--|
| - Volume 50 ml                             | - Volume 200 ml                            |
| $m_1 = 28,46 \text{ gram}$                 | $m_1 = 28,46 \text{ gram}$                 |
| $m_2 = 28,51 \text{ gram}$                 | $m_2 = 28,90 \text{ gram}$                 |
| $\Delta m = m_2 - m_1 = 0,05 \text{ gram}$ | $\Delta m = m_2 - m_1 = 0,44 \text{ gram}$ |
| - Volume 100 ml                            | - Volume 250 ml                            |
| $m_1 = 28,46 \text{ gram}$                 | $m_1 = 28,46 \text{ gram}$                 |
| $m_2 = 28,99 \text{ gram}$                 | $m_2 = 29,01 \text{ gram}$                 |
| $\Delta m = m_2 - m_1 = 0,53 \text{ gram}$ | $\Delta m = m_2 - m_1 = 0,55 \text{ gram}$ |
| - Volume 150 ml                            |  |
| $m_1 = 28,46 \text{ gram}$                 |  |
| $m_2 = 29,00 \text{ gram}$                 |  |
| $\Delta m = m_2 - m_1 = 0,54 \text{ gram}$ |  |

### 1.3 Perhitungan daya listrik pada biobaterai larutan sari nenas fermentasi

- Fermentasi 3 hari

- Volume 50 ml

$$P = V.I$$

$$P = (1,95 \text{ V}) (0,441 \text{ mA})$$

$$P = 0,859 \text{ mW}$$

- Volume 100 ml

$$P = V.I$$

$$P = (4,20 \text{ V}) (8,54 \text{ mA})$$

$$P = 35,78 \text{ mW}$$

- Volume 250 ml

$$P = V.I$$

$$P = (4,58 \text{ V}) (14,58 \text{ mA})$$

$$P = 66,78 \text{ mW}$$

- Volume 150 ml

$$P = V.I$$

$$P = (4,15 \text{ V}) (8,08 \text{ mA})$$

$$P = 33,33 \text{ mW}$$

- Volume 200 ml

$$P = V.I$$

$$P = (4,62 \text{ V}) (13,11 \text{ mA})$$

$$P = 60,57 \text{ mW}$$

- Fermentasi 5 hari

- Volume 50 ml

$$P = V.I$$

$$P = (0 \text{ V}) (0 \text{ mA})$$

$$P = 0 \text{ mW}$$

- Volume 100 ml

$$P = V.I$$

$$P = (2,55 \text{ V}) (3,36 \text{ mA})$$

$$P = 8,57 \text{ mW}$$

- Volume 250 ml

$$P = V.I$$

$$P = (4,23 \text{ V}) (9,64 \text{ mA})$$

$$P = 40,78 \text{ mW}$$

- Volume 150 ml

$$P = V.I$$

$$P = (3,14 \text{ V}) (6,57 \text{ mA})$$

$$P = 20,63 \text{ mW}$$

- Volume 200 ml

$$P = V.I$$

$$P = (4,41 \text{ V}) (13,24 \text{ mA})$$

$$P = 58,39 \text{ mW}$$

- Fermentasi 7 hari

- Volume 50 ml

$$P = V.I$$

- Volume 150 ml

$$P = V.I$$

$$P = (0 \text{ V}) (0 \text{ mA}) \quad P = (3,93 \text{ V})(8,02 \text{ mA})$$

$$P = 0 \text{ mW}$$

$$P = 31,52 \text{ mW}$$

- Volume 100 ml

- Volume 200 ml

$$P = V.I$$

$$P = V.I$$

$$P = (2,32 \text{ V}) (4,17 \text{ mA})$$

$$P = (4,25 \text{ V})(7,67 \text{ mA})$$

$$P = 9,68 \text{ mW}$$

$$P = 32,60 \text{ mW}$$

- Volume 250 ml

$$P = V.I$$

$$P = (4,53 \text{ V}) (4,44 \text{ mA})$$

$$P = 20,11 \text{ mW}$$

- Fermentasi 9 hari

- Volume 50 ml

- Volume 150 ml

$$P = V.I$$

$$P = V.I$$

$$P = (0 \text{ V}) (0 \text{ mA})$$

$$P = (4,31 \text{ V})(7,82 \text{ mA})$$

$$P = 0 \text{ mW}$$

$$P = 33,70 \text{ mW}$$

- Volume 100 ml

- Volume 200 ml

$$P = V.I$$

$$P = V.I$$

$$P = (3,67 \text{ V}) (4,70 \text{ mA})$$

$$P = (4,62 \text{ V})(9,43 \text{ mA})$$

$$P = 17,25 \text{ mW}$$

$$P = 43,57 \text{ mW}$$

- Volume 250 ml

$$P = V.I$$

$$P = (4,79 \text{ V}) (11,99 \text{ mA})$$

$$P = 57,43 \text{ mW}$$

- Fermentasi 11 hari

- Volume 50 ml

- Volume 150 ml

$$P = V.I$$

$$P = V.I$$

$$P = (0 \text{ V}) (0 \text{ mA})$$

$$P = (4,78 \text{ V})(9,65 \text{ mA})$$

$$P = 0 \text{ mW}$$

$$P = 46,13 \text{ mW}$$

- Volume 100 ml

- Volume 200 ml

$$P = V.I$$

$$P = V.I$$

$$P = (3,50 \text{ V}) (7,19 \text{ mA})$$

$$P = 25,17 \text{ mW}$$

- Volume 250 ml

$$P = V.I$$

$$P = (4,76 \text{ V}) (12,69 \text{ mA})$$

$$P = 60,40 \text{ mW}$$

$$P = (4,84 \text{ V})(14,58 \text{ mA})$$

$$P = 70,57 \text{ mW}$$

#### 1.4 Perhitungan massa elektroda Cu pada biobaterai larutan sari nenas fermentasi

- Fermentasi 3 hari

- Volume 50 ml

$$m_1 = 28,46 \text{ gram}$$

$$m_2 = 28,63 \text{ gram}$$

$$\Delta m = m_2 - m_1 = 0,17 \text{ gram}$$

- Volume 100 ml

$$m_1 = 28,46 \text{ gram}$$

$$m_2 = 28,68 \text{ gram}$$

$$\Delta m = m_2 - m_1 = 0,22 \text{ gram}$$

- Volume 150 ml

$$m_1 = 28,46 \text{ gram}$$

$$m_2 = 28,99 \text{ gram}$$

$$\Delta m = m_2 - m_1 = 0,53 \text{ gram}$$

- Volume 200 ml

$$m_1 = 28,46 \text{ gram}$$

$$m_2 = 28,82 \text{ gram}$$

$$\Delta m = m_2 - m_1 = 0,36 \text{ gram}$$

- Volume 250 ml

$$m_1 = 28,46 \text{ gram}$$

$$m_2 = 29,00 \text{ gram}$$

$$\Delta m = m_2 - m_1 = 0,54 \text{ gram}$$

- Fermentasi 5 hari

- Volume 50 ml

$$m_1 = 0 \text{ gram}$$

$$m_2 = 0 \text{ gram}$$

$$\Delta m = m_2 - m_1 = 0 \text{ gram}$$

- Volume 100 ml

$$m_1 = 28,46 \text{ gram}$$

$$m_2 = 28,63 \text{ gram}$$

$$\Delta m = m_2 - m_1 = 0,17 \text{ gram}$$

- Volume 150 ml

- Volume 200 ml

$$m_1 = 28,46 \text{ gram}$$

$$m_2 = 28,82 \text{ gram}$$

$$\Delta m = m_2 - m_1 = 0,36 \text{ gram}$$

- Volume 250 ml

$$m_1 = 28,46 \text{ gram}$$

$$m_2 = 29,63 \text{ gram}$$

$$\Delta m = m_2 - m_1 = 1,17 \text{ gram}$$

$$m_1 = 28,46 \text{ gram}$$

$$m_2 = 28,73 \text{ gram}$$

$$\Delta m = m_2 - m_1 = 0,27 \text{ gram}$$

- Fermentasi 7 hari

- Volume 50 ml

$$m_1 = 0 \text{ gram}$$

$$m_2 = 0 \text{ gram}$$

$$\Delta m = m_2 - m_1 = 0 \text{ gram}$$

- Volume 100 ml

$$m_1 = 28,46 \text{ gram}$$

$$m_2 = 28,51 \text{ gram}$$

$$\Delta m = m_2 - m_1 = 0,06 \text{ gram}$$

- Volume 150 ml

$$m_1 = 28,46 \text{ gram}$$

$$m_2 = 28,73 \text{ gram}$$

$$\Delta m = m_2 - m_1 = 0,27 \text{ gram}$$

- Volume 200 ml

$$m_1 = 28,46 \text{ gram}$$

$$m_2 = 28,66 \text{ gram}$$

$$\Delta m = m_2 - m_1 = 0,20 \text{ gram}$$

- Volume 250 ml

$$m_1 = 28,46 \text{ gram}$$

$$m_2 = 28,59 \text{ gram}$$

$$\Delta m = m_2 - m_1 = 0,13 \text{ gram}$$

- Fermentasi 9 hari

- Volume 50 ml

$$m_1 = 0 \text{ gram}$$

$$m_2 = 0 \text{ gram}$$

$$\Delta m = m_2 - m_1 = 0 \text{ gram}$$

- Volume 100 ml

$$m_1 = 28,46 \text{ gram}$$

$$m_2 = 29,40 \text{ gram}$$

$$\Delta m = m_2 - m_1 = 0,94 \text{ gram}$$

- Volume 150 ml

$$m_1 = 28,46 \text{ gram}$$

$$m_2 = 29,35 \text{ gram}$$

$$\Delta m = m_2 - m_1 = 0,89 \text{ gram}$$

- Volume 200 ml

$$m_1 = 28,46 \text{ gram}$$

$$m_2 = 28,93 \text{ gram}$$

$$\Delta m = m_2 - m_1 = 0,47 \text{ gram}$$

- Volume 250 ml

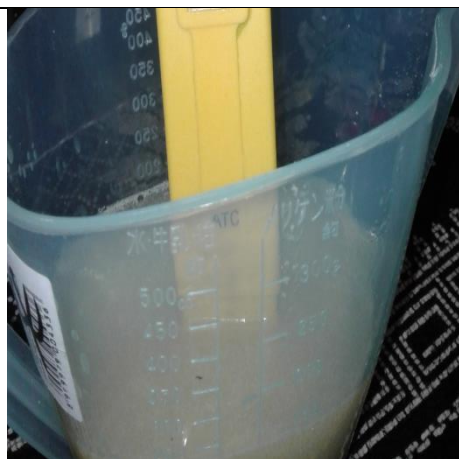
$$m_1 = 28,46 \text{ gram}$$

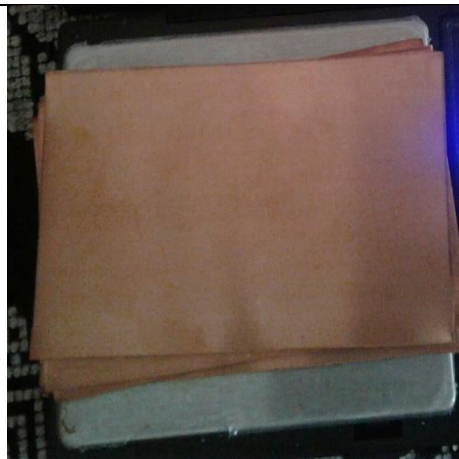
$$m_2 = 28,63 \text{ gram}$$

$$\Delta m = m_2 - m_1 = 0,17 \text{ gram}$$



- Fermentasi 11 hari
  - Volume 50 ml
    - $m_1 = 0$  gram
    - $m_2 = 0$  gram
    - $\Delta m = m_2 - m_1 = 0$  gram
  - Volume 100 ml
    - $m_1 = 28,46$  gram
    - $m_2 = 28,51$  gram
    - $\Delta m = m_2 - m_1 = 0,06$  gram
  - Volume 150 ml
    - $m_1 = 28,46$  gram
    - $m_2 = 28,75$  gram
    - $\Delta m = m_2 - m_1 = 0,29$  gram
  - Volume 200 ml
    - $m_1 = 28,46$  gram
    - $m_2 = 28,62$  gram
    - $\Delta m = m_2 - m_1 = 0,16$  gram
  - Volume 250 ml
    - $m_1 = 28,46$  gram
    - $m_2 = 28,50$  gram
    - $\Delta m = m_2 - m_1 = 0,04$  gram

**Lampiran 2: Alat dan Bahan****Multimeter digital****Wadah akrilik****pH meter****Lampu LED****Gelas ukur plastik****Blender**

**Saringan****Timbangan digital****Tembaga****Seng****Kabel capit buaya****Ragi**



### Lampiran 3: Pembuatan Larutan



Nenas yang telah dikuliti dan dicuci



Nenas yang telah dipotong



Buah nenas yang dihaluskan (blender)



Penyaringan buah nenas



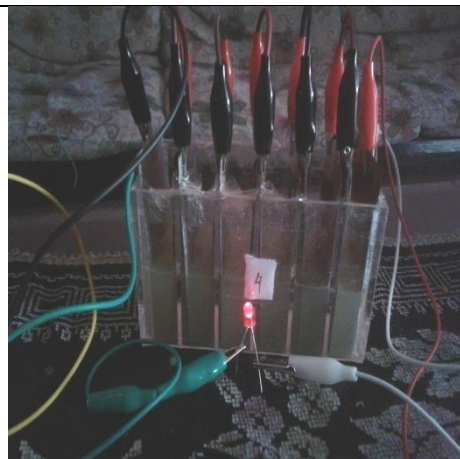
Penimbangan massa ragi



Penyimpanan larutan sari nenas  
(fermentasi)

**Lampiran 4: Hasil Pengukuran**

Pengukurann pH larutan sari nenas

Pengukuran arus dan tegangan listrik  
biobaterai larutan sari nenasKemampuan biobaterai  
menyalakan LED merah

Penimbangan massa reduksi tembaga